全国高等学校农林规划教材

植 物 生 产 学

主　编　董树亭

副主编　王秀峰　陈雨海　高东升

　　　　赵兰勇　王建华

编写人员（按姓氏笔划）

王空军　王建华　王秀峰　王振林

李向东　刘世琦　孙学振　陈雨海

张治国　张继祥　赵兰勇　高东升

徐　坤　谢胜利　董树亭　藏德奎


高等教育出版社

内容提要

本书是实施教育部“新世纪高等教育教学改革工程”本科教育教学改革立项《植物生产类人才培养方案的研究与实践》的重要内容和成果。

内容包括植物生产概述、植物生产与环境、植物生产技术基础、病虫草害防治、植物生产与种植制度、农作物生产技术、蔬菜生产技术、观赏植物生产技术、药用植物生产等内容。

本书是为植物科学与技术专业编写的教材。本书也可作为农学、植物遗传育种、园艺、植保、种子科学与工程、生物技术及其他相关专业的教学参考书或教材。

图书在版编目(CIP)数据

植物生产学/董树亭主编.—北京:高等教育出版社，2003.7

ISBN 7-04-012183-2

Ⅰ.植… Ⅱ.董… Ⅲ.植物—栽培—高等学校—教材 Ⅳ.S31

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第044885号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社　　址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网　　址	http://www.hep.edu.cn
总　　机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
印　　刷			
开　　本	787×1092　1/16	版　　次	年　月第　版
印　　张	21.5	印　　次	年　月第　次印刷
字　　数	520 000	定　　价	26.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有　侵权必究

策划编辑　吴雪梅
责任编辑　张庆波
封面设计　王凌波
责任绘图　朱　静
版式设计　陆瑞红
责任校对　王效珍
责任印制

"植物科学与技术"专业
教材建设委员会

主　任	姚来昌
副主任	董树亭　石鹏建　林金安　王汉忠
成　员	邢金亮　王洪刚　王秀峰　李多川
	孙建迎　谢经圣　吴雪梅　陈雨海
	高东升　李照会　胡延吉　徐洪福

序　　一

随着社会进步和科学技术的发展，培养“厚基础、宽口径、高素质、强能力、广适应”的科技人才，是市场经济条件下高等学校人才培养目标的战略性调整。我国是农业大国，农业、农村、农民问题是制约整个国民经济发展的重大问题。经过几十年的奋斗，我国农业结束了农产品长期短缺的历史，实现了农产品数量供需基本平衡、丰年有余的历史性跨越，进入了由数量型增长向质量型增长的重大转折时期，农业生产目标多元化、市场化、国际化、标准化、信息化、高新技术化等特征愈加明显。为了加快对传统农业学科的改造，培养适应农业现代化发展需要的高科技农业人才，教育部在“九五”期间开展的“面向21世纪教学内容和课程体系改革”项目研究，将《植物生产类（农学专业）人才培养方案的研究》列为重点研究领域，旨在推动拓宽传统农学专业人才培养口径的理论研究，为发展植物生产类宽口径专业奠定理论基础。“十五”期间，教育部又将《植物生产类人才培养方案的研究与实践》列为“新世纪高等教育教学改革工程”重大教育研究项目。该项目不仅要进行整个植物生产类人才培养方案的理论研究、充实和完善，而且要按照新人才培养方案对一批学生进行培养。作为这一重大项目的承担者，山东农业大学为了使理论与实践紧密结合，在调查研究、组织国内知名教育专家论证的基础上，经教育部批准试办了我国第一个“植物科学与技术”本科专业。

主干专业课程的设置是专业口径的宽窄的重要体现，是专业建设的基础性工作。我国高等农业院校传统的植物生产类专业一般包括农学、园艺和植物保护三个专业，部分学校还包括草业、林学专业。在充分论证的基础上，将“植物生产学”、“植物育种学”和“植物保护学”三门课程列为“植物科学与技术”专业的主干专业课程。三门课程既相互独立又相互联系，形成该专业的专业课程体系。“植物生产学”侧重植物生产特点、生长发育共性规律、生产基本原理和主要植物生产栽培技术，“植物育种学”侧重植物种质资源、品种改良理论、育种方法和手段、良种繁育和种子产业化，“植物保护学”突出介绍主要植物病虫草害的种类、发生规律、防治原则和防治方法。为了配合上述三门课程开发的三本教材，则是传统农学、园艺和植物保护专业课程体系实质性融合的重要载体，其内容和编写质量，事关人才培养目标的实现和人才培养质量的提高。

为了编写高质量教材并及时出版，在2001年1月成立了教材编写筹备小组，拟定了编写计划，并明确了编写任务和要求。各教材编写小组认真组织编写人员，精心构思教材编写大纲，广泛征求校内、外专家意见并进行了多次论证，力求出教材精品。2002年5月，高等教育出版社生命科学分社林金安社长、吴雪梅高级策划对三本教材的质量和编写要求提出重要指导意见。各编写小组按照“新、高、精、合”的要求，即内容新、起点高、语言精练、结构合理，进行了认真编写和多次修改。在教育部高等教育司农林医药处和高等教育出版社的支持和关心下，三本教材作为“新世纪高等教育教学改革工程”重大教研项目的成果，列入高等

教育出版社出版计划。余松烈、束怀瑞、印象初三位院士在百忙之中为三本教材作序，在此一并感谢。

教材是教学经验、教学研究和学科理论知识融合的结晶，是服务特定专业教学内容和教学方法的载体，是教师进行教学的基本工具。“植物科学与技术”专业是新专业，应当说三本教材的构思、编写出版和应用，只是一个新的尝试，还未经过充分的实践检验，恳请关心该专业建设的专家、读者批评指正。

“植物科学与技术”专业教材建设委员会

2002年 12月 7日

序　　二

随着我国社会和经济的快速发展，对人才的数量、结构和质量需求正在发生前所未有的变化。调整高等学校的专业结构设置，适应社会经济发展对人才的需求，是高等教育面临的紧迫任务。设立“植物科学与技术”本科专业，把传统的农学、园艺和植保专业进行实质性融合，符合世界教育改革趋势，适应我国经济建设和科学技术发展需要。这对于拓宽专业口径，培养应用型、复合型人才，增强人才适应性，具有重要的现实意义，是我国改造传统农学专业的有益探索。

教材是教学经验和学科理论知识融合的结果，是服务特定专业人才培养需要的知识和能力的载体，是教师进行教学的基本工具。“植物科学与技术”专业是新专业，应当说编写适合该专业的专业课教材具有重要意义。

“植物生产学”是为农业生产服务的一门综合性应用学科，其基本内容应包括植物生长发育规律、产量和品质形成规律及其与环境条件的相互关系，建立实现高产、优质、高效栽培的基本理论和技术体系等。《植物生产学》教材将作物栽培学、蔬菜栽培学、果树栽培学、花卉栽培学和中草药栽培学等进行融合与归纳，形成我国第一部植物生产学教材。作者从植物生产的基本原理、植物生长发育的共性规律、植物生产的共性栽培技术等方面，进行了有益的、大胆的归纳，既有利于读者了解植物生产技术体系，培养学生具有宽广的学术视野，同时又介绍了具体作物的栽培特点和技术，反映了植物生产的多样性，从而使教师和学生能根据各地的植物生产特点进行有目的、有重点的讲授或学习。该教材较好地处理了广度与深度，结构与内容，理论与技术等的关系。本教材涵盖了农作物、果树、蔬菜、花卉、中药材生产技术，涉及植物生产的多个领域，具有较强的综合性。教材将植物生产的共性原理与具体植物生产技术的特殊性有机结合起来，较好地处理了宽与专的关系，具有较强的系统性。教材编著者来自植物科学研究和教学第一线，具有丰富的实践经验。在编写过程中，他们参考了国内外先进科研成果和面向21世纪教材内容，使本教材具有鲜明的时代特色。本教材具有广泛性和实用性，可作为其他专业本科生和科研工作者学习植物生产技术的教材或参考资料。

相信《植物生产学》这本教材，对于提高我国植物生产专业人才的培养质量，将产生重要影响。

中国工程院院士　余松烈

2003年 3月 20日

前　　言

植物生产是人工栽培植物的生产活动，研究人工栽培植物的科学，就是植物生产科学。根据目前的学科划分，植物生产科学应当包括植物生产（栽培）学、植物育种学、植物保护学以及与植物生产相关的其他学科。由于人工栽培的植物种类繁多，传统上又将植物生产分为大田作物（农作物）、园艺植物、林业植物、花卉植物、中草药、草业植物等多个具体植物的生产门类，并在高等农业院校设立相关的专业。专业性人才的培养，对于提高我国植物生产水平，发挥了历史性作用。随着社会经济的发展，传统专业人才培养模式单一，学生“只见树木，不见森林”，专业性强、适应性差的弊端也越来越明显。为了适应社会经济发展对人才需求的多样化，加大宽口径、广适应人才的培养，教育部在“九五”和“十五”期间都将拓宽植物生产类人才培养专业口径列为重点研究领域。

《植物生产学》就是根据国家教育部“新世纪高等教育教学改革工程”重大项目《植物生产类人才培养方案的研究与实践》的要求组织编写的。主要服务于“植物科学与技术”本科专业人才培养的需要。“植物生产学”是该专业的主干专业课程，是学生学习植物生产技术的主要工具书。

“植物生产学”是为农业生产服务的一门综合性应用学科。其主要内容包括植物生长发育规律、产量和品质形成规律及其与环境条件的相互关系，建立实现高产、优质、高效栽培的基本理论和技术体系。本教材具有以下特点：① 综合性。教材涵盖了农作物、果树、蔬菜、花卉、中药材生产技术，几乎涉及到整个植物生产领域，具有较强的综合性，给学生较宽的视野。② 系统性。本教材将植物生产的共性原理和技术与具体植物生产技术的特殊性有机结合起来，较好地处理了宽与专的关系，具有较强的系统性和实用性。③ 先进性和前瞻性。教材编著者来自植物生产研究第一线，了解植物生产和科研现状，在编写过程中，参考了近年来我国出版的新教材内容，尤其是借鉴了面向21世纪教材的重要成果，充实了国内外先进的科研成果资料，面向未来植物生产发展趋势，与时俱进，教材具有鲜明的时代特色。④ 广泛性。本教材可作为其他专业本科生学习植物生产技术的教材或参考资料，具有应用对象广泛的特点。

教材是服务于特定人才培养要求的教学参考书。高质量教材离不开广泛的实践和高水平编著者的创造性劳动。由于“植物科学与技术专业”是新专业，再加上编著者水平的限制，肯定存在不少错误和不足，如在广度与深度、宽与专、结构与内容、理论与技术等关系的把握上，还有待商榷，敬请读者批评指正。

参与本教材编写的编者如下：第一章（王振林、董树亭），第二章（李向东、陈雨海），第三章（张继祥、高东升），第四章（徐坤、王秀峰），第五章（陈雨海），第六章（孙学振、王空军、谢胜利、董树亭），第七章（刘世琦、王秀峰），第八章（高东升），第九章（赵兰

勇、藏德奎、张治国），第十章 （王建华）。全书编写大纲和统稿工作，由董树亭、陈雨海、王秀峰、高东升、赵兰勇、王建华完成。

编 者

2002年 12月 17日

目　录

第1章　植物生产概述 …… 1
第一节　植物生产的地位和特点 …… 1
一、植物生产的地位和作用 …… 1
二、植物生产的特点 …… 2
三、植物生产学的性质与任务 …… 3
第二节　栽培植物的资源分类 …… 4
一、栽培植物的起源与特点 …… 4
二、农作物的分类 …… 4
三、园艺作物的分类 …… 6
第三节　植物生产发展概况 …… 10
一、农作物生产 …… 10
二、园艺作物生产 …… 11
三、我国植物生产发展和研究的方向 …… 12
第2章　植物的生长发育与产品形成规律 …… 14
第一节　植物的生长发育和生育期 …… 14
一、植物生长发育 …… 14
二、植物的生育期 …… 16
第二节　植物器官的建成 …… 17
一、种子的萌发 …… 17
二、营养器官 …… 19
三、生殖器官 …… 24
四、植物器官的相关性 …… 26
第三节　植物生产的群体特性 …… 27
一、植物群体和群落 …… 27
二、植物群体结构与指标 …… 29
第四节　植物产品及其形成 …… 31
一、植物产品及其类型 …… 31
二、产量及其构成因素 …… 31
三、产品品质及其评价指标 …… 37
第3章　植物生产与环境 …… 45
第一节　影响植物生产的自然生态因素 …… 45
一、大气圈 …… 45
二、水圈 …… 46
三、陆圈和土壤 …… 47
四、生物圈 …… 48
第二节　植物生产与太阳辐射 …… 48
一、光合有效辐射 …… 48
二、太阳辐射在植物群体中的分布 …… 49
三、植物群体光合强度的估算与鉴定 …… 50
四、光照与作物生长量和产量 …… 51
五、提高光能利用率的途径 …… 52
六、光照时间对作物发育的影响 …… 54
第三节　植物生产与温度 …… 56
一、植物与温度基本关系的指标 …… 57
二、温度对植物发育的影响 …… 58
三、温度对植物生长、产量和品质的影响 …… 59
四、农业措施对温度的影响 …… 61
第四节　植物生产与水分 …… 62
一、植物细胞中水的形态 …… 63
二、土壤水分与植物的蒸腾作用 …… 63
三、空气湿度与植物的关系 …… 65
四、植物的水分平衡 …… 66
五、提高水分利用率的途径 …… 67
第五节　植物生产与大气气体成分 …… 69
一、大气中 CO_2 浓度变化的趋势 …… 69
二、植物生产系统中 CO_2 浓度的变化规律 …… 69

三、$_2$ 浓度对植物光合速率与生产力的影响 …… 70
四、调节 CO_2 浓度的农业技术措施 …… 73
五、大气污染对植物生产的影响 …… 74
第六节 植物生产与矿质营养 …… 74
一、土壤是植物的营养源 …… 74
二、根系对矿质营养的吸收 …… 75
三、植物群落的矿质循环 …… 77
第 4 章 植物生产技术基础 …… 79
第一节 农田培肥与土壤耕作 …… 79
一、土壤的主要类型与肥力 …… 79
二、农田培肥的原则与方法 …… 80
三、土壤耕作类型 …… 81
第二节 种子与播种 …… 82
一、种子播前处理 …… 82
二、播种 …… 83
第三节 育苗移栽 …… 85
一、育苗方式和苗床管理 …… 85
二、移栽技术 …… 88
第四节 施肥 …… 90
一、施肥的基本原理 …… 90
二、施肥的原则 …… 90
三、施肥技术 …… 92
第五节 水分管理 …… 93
一、灌溉 …… 93
二、节水和旱作农业 …… 94
三、涝渍害及其防治 …… 97
第六节 病虫草害防治 …… 97
一、病虫草害防治的基本方法 …… 97
二、植物病害防治 …… 98
三、植物虫害及其防治 …… 100
四、草害及其防除 …… 102
第七节 植株调整 …… 103
一、植株调整的原理 …… 103
二、植株调整的方式 …… 103
三、生长调节剂的合理应用 …… 104
第八节 收获与贮藏 …… 105
一、植物产品收获与粗加工 …… 105
二、产品贮藏 …… 107
第九节 植物设施栽培 …… 108
一、地膜覆盖 …… 108
二、遮阳网覆盖 …… 108
三、阳畦与温床 …… 108
四、塑料拱棚 …… 109
五、日光温室 …… 111
第 5 章 植物生产与种植制度 …… 114
第一节 种植制度与植物生产 …… 114
一、种植制度及其意义 …… 114
二、种植制度类型 …… 115
三、中国种植制度特点 …… 117
第二节 植物生产布局与调整 …… 117
一、植物生产布局的重要性 …… 117
二、制定植物生产布局的方法与步骤 …… 118
三、调整植物生产布局的原则和应处理的几个关系 …… 120
第三节 种植方式与植物生产 …… 122
一、植物生产中的复种技术 …… 122
二、植物生产中的间作套种技术 …… 123
三、植物生产中的轮作和连作技术 …… 125
第 6 章 农作物生产 …… 127
第一节 小麦 …… 127
一、概况 …… 127
二、栽培技术 …… 131
第二节 玉米 …… 133
一、概况 …… 133
二、栽培技术 …… 135
第三节 水稻 …… 138
一、概况 …… 138
二、栽培稻的生物学特性 …… 139
三、栽培技术 …… 141
第四节 甘薯 …… 142
一、概况 …… 142
二、生物学特性 …… 143
三、栽培技术 …… 144

第五节　大豆 …… 146
一、生产概况 …… 146
二、夏大豆栽培技术 …… 147
第六节　棉花 …… 149
一、生产概况 …… 149
二、栽培技术 …… 150
第七节　花生 …… 153
一、生产概况 …… 153
二、栽培技术 …… 155
第八节　油菜 …… 157
一、生产概况 …… 157
二、栽培技术 …… 158
第九节　小杂粮 …… 159
一、粟 …… 159
二、高粱 …… 160
三、其他杂粮 …… 161
第十节　麻类作物 …… 163
一、生产概况 …… 163
二、栽培技术 …… 164
第十一节　小油料作物 …… 166
一、芝麻 …… 166
二、向日葵 …… 167
三、蓖麻 …… 168
第十二节　烟草 …… 169
一、概述 …… 169
二、烟草的生物学特性 …… 170
三、烤烟栽培技术 …… 170
第十三节　糖料作物 …… 172
一、甜菜 …… 172
二、甘蔗 …… 173
第十四节　饲料作物 …… 174
一、概述 …… 174
二、主要牧草、饲料作物栽培技术 …… 174
第7章　蔬菜生产 …… 179
第一节　茄果类 …… 179
一、番茄 …… 179
二、茄子 …… 181
三、辣椒 …… 183
第二节　瓜类 …… 184
一、黄瓜 …… 185
二、西瓜 …… 188
三、西葫芦 …… 190
第三节　白菜类 …… 191
一、大白菜 …… 192
二、结球甘蓝 …… 195
三、花椰菜　附青花菜） …… 197
第四节　根菜类 …… 199
一、萝卜 …… 199
二、胡萝卜 …… 201
第五节　葱蒜类 …… 203
一、韭菜 …… 203
二、大葱 …… 206
三、大蒜 …… 208
四、洋葱 …… 209
第六节　绿叶菜类 …… 211
一、芹菜 …… 211
二、莴苣 …… 213
三、其他绿叶菜 …… 215
第七节　豆类 …… 215
一、菜豆 …… 215
二、豇豆 …… 217
第八节　薯芋类 …… 219
一、马铃薯 …… 219
二、生姜 …… 221
第九节　芽菜类 …… 224
一、概况 …… 224
二、栽培技术 …… 224
第8章　果树生产 …… 226
第一节　仁果类 …… 227
一、概况 …… 227
二、栽培技术 …… 232
第二节　核果类 …… 237
一、概况 …… 237
二、栽培技术 …… 243

第三节　浆果类 247
一、概况 247
二、栽培技术 254
第四节　坚果类 260
一、概况 260
二、栽培技术 264
第五节　柑橘类 265
一、概况 265
二、栽培技术 268
第9章　观赏植物生产 270
第一节　花卉 270
一、概况 270
二、栽培技术 271
第二节　观赏树木 286
一、概况 286
二、栽培技术 287
第三节　草坪草 296
一、主要草坪草及其特性 296
二、生产技术 301
第10章　药用植物生产 305
第一节　根类药用植物 305
一、西洋参 306
二、北沙参 307
三、菘蓝 308
四、丹参 310
第二节　地下茎类药用植物 312
一、半夏 312
二、盾叶薯蓣 313
三、天麻 314
第三节　树皮类药用植物 317
一、概述 317
二、杜仲 317
第四节　叶类与全草类药用植物 319
一、薄荷 319
二、柴胡 320
第五节　花类药用植物 321
一、概述 321
二、金银花 322
第六节　果实及种子类药用植物 323
一、枸杞 323
二、瓜蒌 325
三、牛蒡子 326
参考文献 328



植物生产概述

第一节　植物生产的地位和特点

一、植物生产的地位和作用

农业生产是人类利用生物有机体的生命机能来获得产品的生产活动。根据获得产品的方式,可把农业生产划分为三类,即植物生产、动物生产和微生物生产。

(一) 植物生产

依靠绿色植物进行光合作用,把太阳能转变为化学能以取得产品的生产,属于植物生产。该过程所获得的产品称为第一次生物量或初级生物量。根据产品的不同,可将植物分为生产食物为主的和生产非食物为主的两大类。生产食物为主的植物包括粮食、糖料、油料、水果、蔬菜等。其中人类可直接食用部分含糖类、脂肪、蛋白质、维生素等;不可直接食用部分有植物根系残留物、枯枝落叶、茎秆、糠麸等。不可直接食用部分通过动物和微生物的利用、转化,部分地形成人类能够直接食用的食物。这是发展腐生食物链农业的物质基础。生产非食物为主的植物包括各种纤维植物、经济作物和药用植物等,产品为工业原材料和医药用品。

(二) 动物生产

依靠农业动物的生长发育取得产品的过程称动物生产,如肉、蛋、奶、毛、皮、骨等。这些产品是第二次生物量或次级生物量。农业动物(异养型)不能直接从太阳能中吸取能量,也不能把无机物合成蛋白质、脂肪、糖类和维生素等,只能依靠农业植物(自养型)提供第一次生物量,作为食物来源,维持其生长、发育和繁殖。

(三) 微生物生产

依靠农业微生物获取产品的过程，称微生物生产。如利用微生物发酵生产沼气、生产饲料、蛋白质以至直接生产食物、生物农药、工业原料、细菌肥料，以及利用微生物改良土壤等。绝大部分的农业微生物生产，必须以其他农产品为营养，因而其产品基本上属于次级生物量。

植物是太阳能的最初转化者，是有机物质的创造者。植物生产的产物是人类生命活动的物质基础，也是一切以植物为食的动物和微生物生命活动的能量和物质来源。动物生产和绝大多数的微生物生产都是建立在植物生产基础上的再生产过程，是能量、物质再次转化的过程，离开植物生产，动物生产和绝大多数的微生物生产也就不复存在了。

二、植物生产的特点

(一) 对社会经济的广泛依赖性

由于人类长期而频繁的干预，生态系统中的动植物种群已发生很大变化，食物链趋于简化，层次性削弱。杖耕火种的原始农业，只从土地上攫取物质和能量，除了劳力以外没有物质和能量的人为辅助循环，是掠夺式的生产模式。我国的传统农业，通过精耕细作、施用有机肥料、用地养地结合维持土壤肥力，部分偿还农业生产中物质和能量的损耗。在现代农业生产中，由于社会生产的发展和科学技术的进步，有越来越多的能源和物质投入农业生产系统，加快和加强了农业生产中物质和能量的循环，迅速地提高单位面积产量。

(二) 必须服从一定的生物规律

植物生产的主体是植物。植物是活的生物有机体，就必然受生物规律的制约。生物的同化和异化、遗传和变异、个体和群体、生长和发育等规律都在生物有机体上发生作用，从而影响到植物的个体、群体增长和后代繁衍的数量和质量。发挥植物的增产潜力，关键是提高植物的光能利用率。目前，我国高产农作物的光能利用率在2%～3%。如果把光能利用率再提高1%，作物的产量就可以大幅度提高。

(三) 受气候条件的控制

植物不仅服从有机界的规律，而且与周围环境构成能量转换和物质循环系统。良好的农业生态系统应具备和谐的结构和高效、经济的物质能量传输和转换体系，既能适应自然条件的弹性波动，又有净化环境的能力，能为人类提供优质、高额而稳定的生物产品和优美舒适的生活环境。农作物种类品种的单一化和种质资源的单纯化，对自然条件和栽培措施的要求越来越高，适应性和抗逆性逐渐降低，不稳定性日趋明显。

(四) 生产时间和劳动时间的不一致性

劳动时间是指劳动作用于产品的时间；生产时间是指产品处于生产领域的时间。后者包括劳动没有作用于产品的时间。农业的生产时间长于劳动时间。农业劳动时间时断时续，而劳动过程间断期间生产过程照常进行。

按照生产时间和劳动时间不一致的特点，应认识到：① 农业劳动主要是对农业生物有机体和外界环境起调节、控制作用，而不能取代植物光合生产本身。② 作物的选择、耕作的安排、施肥灌溉、直至收获，都应因时因地因物制宜。技术水平的高低、劳动工具的优劣，对植物生长发育和对植物生产产品的数量、质量影响极大。③ 充分利用农业劳动的间断性进行生产条件的准备、农产品加工以及交换活动。

(五) 生产的季节性和地域性

作物生产的季节性是指作物的播种、管理和收获都受季节时令的制约。产品的数量和质量往往取决于这种操作是否把握最佳时节适时进行。错过时机就会造成减产，乃至劳而无获。人们认识了作物生长发育规律，根据需要可促进或延缓生长发育过程；掌握作物不同时期对外部条件和管理技术的不同要求，也可发挥集约化劳动的作用，取得更大效益。

作物生产具有地域性。因各地区的纬度、地形、地貌、气候、土壤、水文等自然条件的不同，加上社会经济、生产条件、作物种类和技术水平的差异，构成了作物生产的地域性。因此，作物生产一定要根据不同地区的特点，充分利用自然资源和农业潜力，做到因地制宜，扬长避短，发挥优势。

(六) 生产的有序性、综合性

农业是一个经济、生态、技术相结合的复杂系统，其主要对象的生长发育各个环节不可中断和颠倒，有严格的顺序。这一特点要求对农业生产的发展进行整体研究、综合开发。作物产量的高低、品质的优劣，是多种环境因素和技术措施综合作用的结果。因此，在选育作物品种时要考虑满足多方面要求的综合性指标；在病虫害防治上要采取化学防治与生物防治相结合的综合措施；施用肥料上要注重有机肥和化学肥料配合应用。必须指出，采取任何一项措施，都要既考虑当前的影响，又要照顾长远的利益。

三、植物生产学的性质与任务

植物生产学研究的对象是栽培植物，统称为作物，主要包括农作物和园艺作物。一般将在大田栽培利用的植物称为农作物、大田作物或作物，而将栽培利用的园艺植物称为园艺作物。

植物生产学是为农业生产服务的一门综合性应用学科。它的任务是研究栽培植物生长发育规律、产量和品质的形成规律及其与环境条件的相互关系，并探讨建立实现高产、优质、高效栽培的基本理论和技术体系。

植物生产的实践活动，概括起来包括植物、环境、措施三大方面。可以说，植物生产学是研究植物—环境—措施三者关系的一门科学。

作物(包括农作物和园艺作物)是植物生产学的研究对象。每种作物都有其自身的生育规律，如作物个体生长发育的规律，作物群体结构和发展动态规律，产量、品质形成规律等等。这些规律只有在一定的环境条件下或生态条件下才能表现出来。

环境包括自然因素(光、热、水、气等)、土壤因素(土壤类型、土壤养分、水分等)、生物因素(杂草，有害和有益动物、植物和微生物)等。作物与这些因素有各种规律性的联系，环境条件的改变，直接影响作物生长发育和后代繁衍，关系着农产品的数量和质量。研究作物与环境之间的关系，可以为运用栽培技术措施提供理论论据。

措施是人为因素，是一种调控手段，人们通过主观努力，创造和利用各种影响作物生长发育和产量形成的因素，使作物向着人们所需要的方向发展。

作物、环境、措施三者的辩证关系贯穿在整个植物生产过程中。在应用中，三者的关系处理好，则作物产量高、品质好、成本低；反之，则产量低、品质差、成本高。

第二节　栽培植物的资源分类

一、栽培植物的起源与特点

地球上约有39万种植物，其中被人类所利用的植物在2 500～3 000种以上。目前，为人类所栽培的植物有2 300余种。一般人们将栽培的植物统称为栽培作物或作物。栽培作物是从野生植物中经过长期选择、培育而逐渐演化并具有经济价值的为人们所栽培的植物，主要包括各种农作物和园艺作物等。

栽培作物起源于野生植物，但经长期的选择、培育、改良和栽培，栽培作物与其野生祖先之间存在很大差别。主要表现在：

1. 栽培作物各器官，特别是那些被人类利用的器官变得巨大和生长迅速。例如野生大豆茎纤细、蔓生、三出复叶小而细长，花和荚均小，种子百粒重仅2～3 g。而栽培的大豆茎粗、直立，叶片、花、荚都较大，种子的百粒重可达20～30 g。

2. 栽培作物产品中有用成分的增加。最显著的例子是甜菜。1747年德国化学家在地中海沿岸发现甜菜时，其块根含糖量不到5% 经过二百多年的选择和培育，现在含糖量已达到19%，最高超过25%。

3. 栽培作物一般成熟期较一致，而野生植物成熟期不一致，而且拖得很长。

4. 栽培作物传播手段退化，野生植物有其固有的传播方式，例如野生大麦、二粒小麦、黑麦等成熟时穗轴断裂，分成一个个带芒的小穗，随风传播。野生豆类植物成熟时豆荚能自然炸裂，弹出种子。突出的特点是落粒性强。

5. 栽培作物种子休眠性减弱或缩短，而野生植物种子休眠期长。

6. 栽培作物防护机能减退，而野生植物机械保护组织发达。例如，野生谷类植物均有芒保护，许多栽培谷类作物如小麦、水稻的一些品种的芒较短或退化。野生植物的这些性状有利于繁衍后代和适应苛刻的生存条件。栽培作物的这些性状是人类选择的结果，但是适应不良环境的能力差，离开了人工栽培的优越条件，其优良性状就不能够发挥，产量降低，品质变劣，作物也就慢慢丧失了存在的基础。自然界里至今还存在着某些作物的祖先，例如野生大豆、野生稻、野生小麦、野生大麻等。但大多栽培作物早已改变了其野生祖先原有的模样。

二、农作物的分类

作物的种类很多，为了更好地研究和利用，人们常根据作物的某些特征、特性进行分类。作物的分类有各种不同的方法和标准，归纳起来有以下几种。

㈠ 按用途和植物学系统相结合分类

这是通常采用的主要分类法，依次分类将作物分成四大部分九大类别。

1. 粮食作物（或称食用作物）部分　这部分作物的产品主要充作人类的粮食之用，其中包括

三类：

① 禾谷类作物　绝大部分属于禾本科。主要作物有小麦、大麦、黑麦、燕麦、玉米、谷子、高粱、黍、稷、龙爪稷、蜡烛稗、薏苡等，这些作物也叫做禾谷类作物。荞麦是蓼科作物，其谷粒可供食用，习惯上也将其列入谷类作物。

② 豆类作物　属豆科，豆类作物在我国古代称为“菽”，故也称为菽类作物。是人类植物性蛋白的主要来源。常见的作物有大豆、豌豆、绿豆、小豆、蚕豆、豌豆、小扁豆、鹰嘴豆等。

③ 薯芋类作物(或称根茎类作物)　分布在不同的科、属中，主要以地下的根茎产物为产品或饲料，或生产淀粉类产品。常见的有甘薯、马铃薯、木薯、豆薯、山药、芋、菊芋、蕉藕等。

2. 经济作物(或称工业原料作物)

① 纤维作物　其主要产品是衣着及绳索的原料。其中，棉花利用的是种子纤维；大麻、洋麻、黄麻、苘麻、苎麻等是利用茎上的韧皮纤维；龙舌兰麻、蕉麻、菠萝麻是利用叶纤维。

② 油料作物　是人类植物性脂肪的主要来源，有的是工业和医药用油；油粕中含有丰富的植物性蛋白质。主要作物除大豆外，还有花生、油菜、芝麻、向日葵、蓖麻、苏子、红花等。

③ 糖料作物　此类作物的茎部或根部富含糖分，可为人类提供食糖。主要有甘蔗和甜菜。

④ 其他作物　此类作物的叶和果实大都含有机性碱基物，有刺激和兴奋神经的作用，故称嗜好作物。主要有烟草、茶叶、薄荷、咖啡、啤酒花、代代花等。

3. 饲料及绿肥作物

广义的饲料作物包括禾谷类、豆类的子实及茎秆、薯类作物等；狭义的饲料作物系经过特别栽培，专供畜禽等饲料用的各种牧草。常见的豆科饲料和绿肥有苜蓿、苕子、紫云英、草木樨、田菁、柽麻、三叶草、沙打旺等；禾本科常见的有苏丹草、黑麦草、雀麦草等；还有水生的水葫芦、水浮莲、水花生等。

凡作物的茎叶耕翻于土中，能增加土壤肥力的，都可归于绿肥作物。

4. 药用作物

药用作物　即人工栽培的药用植物。药用作物种类颇多，常见的有人参、枸杞、黄芪、沙参、颠茄等。由于保健事业的发展，对中草药的需求日增，野生草药供不应求，人工栽培大有发展趋势。

有些作物可以有几种用途，如大豆既可食用又可榨油；亚麻既是纤维作物，种子又可榨油；玉米既是粮食作物，又可做青贮饲料；红花其花是药材，种子可榨油等等。因此，上述分类不是绝对的，同一作物根据需要有时可划为这一类，有时又可归为另一类。

(二) 根据作物生物学性状分类

1. 按作物对温度条件的要求，可分为喜温作物和耐寒作物　喜温作物其生长发育的最低温度为 10 ℃左右，最适温度 20～25 ℃，最高温度 30～35 ℃，如稻、玉米、谷子、棉花、花生和烟草等；耐寒作物生长发育的最低温度在 1～3 ℃左右，最适温度 12～18 ℃，最高温度 26～30 ℃，如小麦、黑麦和豌豆等。

2. 按作物对光周期的反应，可分为长日作物、短日作物、中性作物和定日作物　凡在日照时间变短时开花的作物称短日作物，如稻、大豆、玉米、棉花、烟草等；凡在日照时间变长时开花的作物称长日作物，如麦类作物、油菜等；开花与日照时间没有关系的作物称中性作物，如荞麦、豌豆等；定日作物要求日照长短有一定的时间才能完成其生育周期，如甘蔗的某些品种只有在 12 h 45 min 的日长条件下才能开花，长于或短于这个日长都不开花。

3. 根据作物对 CO_2 同化途径的特点，可分为碳三作物和碳四作物　碳三作物光合作用最先形成的中间产物是带 3 个碳原子的磷酸甘油酸，其光合作用的 CO_2 补偿点高，有较强的光呼吸作用，如水稻、小麦、大豆、棉花、烟草等；碳四作物光合作用最先形成的中间产物是带 4 个碳原子的草酰乙酸等双羧酸，其光合作用的 CO_2 补偿点低，光呼吸作用亦低，在较高温度和强光下比碳三作物的光合速率高，如玉米、高粱、甘蔗、苋菜等。

此外，还可按光照度效应，将作物分为喜光作物（棉花、水稻、玉米等）、耐阴作物（如大豆、甘薯等）、喜阴作物（如生姜等）；按水分效应，将作物分为水生作物（水花生、绿萍等）、水培作物（水稻等）、耐涝作物（高粱等）和耐旱作物（谷子等）；按茎秆特性、高度，将作物分为高秆作物（玉米、甘蔗、柽麻等）、矮秆作物（稻、麦类、谷子、豆类等）和匍匐作物（甘薯、苕子等）；按根系生育特点，分为直根系作物（棉花、油菜、大豆等）、须根系作物（稻、麦类等）。以上这些分类方法对认识作物特性，提高栽培技术，具有一定的参考价值。

（三）按农业生产特点分类

按播种期，可分为春播作物、夏播作物、秋播作物和冬播作物；按收获期不同，可分为夏收作物和秋收作物；按播种密度和田间管理等，可分为密植作物和中耕作物等。

（四）植物学分类

植物学分类是按植物科、属、种进行分类。植物学分类法比较完善，但这种分类法对农业工作者来说有时不太方便，因而不太常用。

三、园艺作物的分类

园艺作物一般指果树、蔬菜、花卉及茶类植物。在这些园艺植物中，有乔木、灌木和草本植物。它们的生物学特性、生态适应性以及繁殖和栽培方法等差异很大。园艺作物的分类方法概括起来主要有两种，一种是植物学分类法，另一种是园艺学分类法。植物学分类法比较完善，每种作物的植物学分类位置比较固定，可以使人们深入系统地了解植物科、属、种间在遗传、发生、形态、生理上的关系，对指导园艺植物的选种、育种和野生植物资源的开发利用有重要的意义。这部分内容在植物分类学课程中详细介绍，本书不再赘述。园艺学分类法属于人为分类的方法，虽不如植物学分类法那样严谨，但在园艺作物生产上具有重要的实用价值。本书着重介绍园艺学分类法。

（一）果树的分类

果树主要是指能生产食用果实的多年生植物，多为木本。也有少数是草本，如香蕉、菠萝、草莓等，由于其在栽培方法和果实用途等方面与一般木本果树有许多相同之处，所以也归于果树的范畴。

1. 农业生物学分类　农业生物学分类指按生物学特性、生态适应性、栽培技术、经济利用方式等方面进行综合分类。

（1）落叶果树　落叶果树在冬季叶片全部脱落，有明显的休眠期，翌年再次萌芽。我国北方地区露地栽培的果树均属于此类。

仁果类　包括苹果、梨、沙果、山楂、木瓜等。果实主要由子房及花托膨大形成。主要食用部位是花托。

核果类　包括桃、李、杏、梅、樱桃等。果实由子房发育而成。子房外壁形成外果皮，子房中壁形成中果皮，子房内壁形成木质化的内果皮（果核）。可食部门是中果皮和外果皮。

浆果类　包括葡萄、猕猴桃、草莓、树莓、石榴、无花果、醋栗、穗状醋栗等。果实由子房发而成。子房外壁形成外果皮，子房中内壁发育成柔软多汗的果肉。可食部分主要是中内果皮，外果皮也可食用。草莓、无花果主要食用部分为花托及种子。

坚果类　包括核桃、山核桃、板栗、榛子、阿月浑子、扁桃、银杏等。可食部分为种子。

柿枣类　包括柿、枣、酸枣、君迁子等。可食部分为果皮。枣的食用部位为中外果皮，柿为中内果皮。

(2) 常绿果树　常绿果树全年叶片常绿，每片叶在树上可保持 2～4 年，一般不会集中落叶。我国南方地区栽培的果树大部分属于此类。

柑果类　包括柑橘、甜橙、柠檬、柚、葡萄柚、金柑、金橘等。主要食用内果皮、汁胞。金柑以食用中外果皮为主。

浆果类　包括杨桃、蒲桃、人心果、番木瓜、番石榴、枇杷、火龙果等。食用部分包括外果皮、中果皮和内果皮。

荔枝类　包括荔枝、龙眼、番荔枝等。主要食用假种皮。

核果类　包括橄榄、芒果、杨梅、油梨、椰枣、余甘子等。主要食用部分是外果皮，也有的是中果皮和中外果皮。

坚果类　包括腰果、椰子、槟榔、澳洲坚果、榴莲、香榧等。多数食用部门为种子、种皮或内含物汁液。

荚果类　包括酸豆、角豆树、苹婆等。

聚复果类　包括树菠萝、面包果、番荔枝等。

多年生草本类　包括香蕉、菠萝等。

2. 按生态适应性分类

寒带果树　包括山葡萄、秋子梨、榛子、醋栗、树莓等。

温带果树　包括苹果、梨、桃、李、葡萄、柿、枣、核桃等。

亚热带果树　包括柑橘类、荔枝、龙眼、杨梅、枇杷等。

热带果树　包括香蕉、菠萝、芒果、椰子、腰果、槟榔、榴莲等。

（二）蔬菜的分类

蔬菜是指能够生产肉质多汁产品器官的一、二年生及多年生草本植物，此外，还包括一些木本植物、真菌和藻类植物。据不完全统计，蔬菜类植物约有 30 多科，200 余种。我国栽培的蔬菜有 100 多种，其中普遍栽培的有 40～50 种。下面介绍两种主要的分类方法。

1. 农业生物学分类

根菜类　以其膨大的直根为食用部分。它们都起源于温带地区，喜温或较冷凉的气候和充足的光照。如萝卜、胡萝卜、芜菁甘蓝、芜菁、根用芥菜、根用甜菜、根芹菜、牛蒡、菊牛蒡等。

白菜类　以柔嫩的叶片、叶球、花薹、花球及肉质茎为食用部分。它们大多起源于温带南部，生长期间需要湿润季节及冷凉的气候，为二年生植物，第一年形成产品器官，第二年抽薹开花。如大白菜、小白菜、菜薹、叶用芥菜、结球甘蓝、球茎甘蓝、花椰菜、甘蓝等。

绿叶菜类　以其幼嫩的绿叶、叶柄或嫩茎为食用部分。这类蔬菜在起源和植物学分类上比较复杂，大都植株矮小、生长迅速、对氮肥和水分要求高。如莴苣、芹菜、菠菜、茼蒿、苋菜、雍菜、落葵等。

葱蒜类　多具有辛辣味。如洋葱、大葱、大蒜、韭菜、细香葱等。

茄果类　以果实为食用部分。这类蔬菜起源于热带地区，具喜温暖不耐寒的习性。如茄子、番茄、辣椒等。

瓜类　主要是以果实为食用部分。多数为起源于热带的一年生植物。如黄瓜、南瓜、西瓜、甜瓜、冬瓜、丝瓜、苦瓜、蛇瓜、瓠瓜、菜瓜等。

豆类　以幼嫩豆荚或种子为食用部分。如菜豆、豇豆、毛豆、刀豆、扁豆、豌豆、蚕豆等。

薯芋类　以地下茎或地下根为食用部分，在生产上均采用营养器官繁殖。如马铃薯、山药、芋头、姜等。

水生菜类　这类蔬菜主要生长在有水的环境中，生产上以营养器官繁殖为主。如藕、茭白、慈姑、荸荠、菱角、欠实等。

多年生菜类　这类蔬菜大多起源于温带南部地区，在生产上种植一次可连续收获数年。如竹笋、金针菜、石刁柏、百合、香椿等。

食用菌类　是一类真菌。如蘑菇、草菇、香菇、平菇、金针菇、猴头、黑木耳、银耳、竹荪等。其中有的是人工栽培的，有的是野生或半野生的。

2. 按食用部分分类　食用部分指主要的食用器官。

⑴ 根菜类

肉质根类　如萝卜、胡萝卜、芜菁、芜菁甘蓝、根用芥菜、根用甜菜等。

块根类　如豆薯、葛等。

⑵ 茎菜类

嫩茎类　如莴苣、茭白、菜薹、石刁柏、竹笋等。

肉质茎类　如茎用芥菜、球茎甘蓝等。

根状茎类　如藕、姜等。

球茎类　如荸荠、慈姑、芋头等。

⑶ 叶菜类

普通叶菜类　如小白菜、芥菜、菠菜、芹菜、苋菜等。

结球叶菜类　如结球甘蓝、大白菜、结球莴苣、包心芥菜等。

辛香叶菜类　如韭菜、大葱、芫荽、茴香等。

鳞茎菜类　如洋葱、大蒜、胡葱、百合等。

⑷ 花菜类　常见的有花椰菜、金针菜、朝鲜蓟等。

⑸ 果菜类

瓠果类　如南瓜、黄瓜、西瓜、甜瓜、冬瓜、瓠瓜、丝瓜、苦瓜、菜瓜、蛇瓜等。

浆果类　如茄子、番茄、辣椒等。

荚果类　如菜豆、豇豆、刀豆、毛豆、豌豆、蚕豆、扁豆等。

㈢ 花卉的分类

花卉是指具有一定观赏价值的草本植物、部分木本植物以及藤本植物。据初步统计，全世界

栽培的花卉类植物有3 000种以上,我国栽培的也有数百种,但作为商品普遍栽培的有200多种。下面介绍两种常用的分类方法。

1. 按生态习性分类

⑴ 露地花卉　露地花卉指在露地自然条件下能够完成全部生长发育过程,除了有特殊的需要外,无需在保护设施下越冬的一类花卉。

一、二年生花卉　指在一年或二年生长季内完成生活史的花卉。一年生花卉耐寒性较差,通常春季播种,夏、秋季开花、结实,冬季全株死亡。常见的种类有一串红、鸡冠花、翠菊、百日草、万寿菊、孔雀草、凤仙花、波斯菊等。二年生花卉有一定的耐寒力,但不耐高温。通常夏、秋季播种,当年只进行营养生长,翌年春季或夏初开花、结实,然后全株死亡。如三色堇、雏菊、金鱼草、虞美人、石竹、桂竹香、美女樱、紫罗兰、羽衣甘蓝、金盏菊等。

宿根花卉　指个体寿命超过两年,能连续多年开花、结实的草本花卉。常见的有菊花、芍药、蜀葵、荷兰菊、玉簪、金鸡菊、萱草、荷包牡丹等。

球根花卉　是多年生植物,但地下部分发生变态而膨大。地下茎变态膨大呈球状的为球茎类,如唐菖蒲、小苍兰、番红花等。地下茎由多数肥大鳞片组成,其下部着生于一扁平的鳞茎盘上,称为鳞茎类,如百合、郁金香、风信子、水仙、贝母等。地下茎膨大,呈不规则块状的为块茎类,如晚香玉、仙客来、大岩桐、球根秋海棠等。地下茎变态膨大呈根状的,为根茎类,如美人蕉、鸢尾、射干、六出花等。地下根部变态膨大的称块根类,如大丽花、花毛茛等。

水生花卉　在水中或湿地上生长的多年生植物,如荷花、睡莲等。

草坪草及地被植物　草坪草主要是指禾本科或莎草科的多年生低矮植物,如结缕草、敬芽根、假检草、野牛草、剪股颖、早熟禾、黑麦草、高羊茅等。地被植物是指非禾本科、莎草科的多年生代矮草本植物或少数灌木类植物,这类植物通常具有较强的匍匐性或再生能力,能够较紧密地覆盖在地表面。如红花酢浆草、白三叶、马蹄金、沿阶草、麦冬、多变小冠花、紫花地丁等。

木本花卉　指以观花为主的灌木类小乔木或乔木类植物,这类植物大多是我国的传统名花,如月季、牡丹、玫瑰、腊梅、梅花、白玉兰、紫薇等。

⑵ 温室花卉　温室花卉大多数原产于热带或亚热带地区,耐寒性较差,在其生长发育过程中,需有一段时间在保护设施(如温室、塑料大棚等)内栽培养护。

一、二年生花卉　常见的有瓜叶菊、报春花、蒲苞花、彩叶草、香豌豆等。

多年生常绿花卉　常见的有君子兰、鹤望兰、秋海棠、非洲菊、万年青、竹芋科植物、凤梨科植物、天南星科植物等。

球根花卉　常见的有仙客来、朱顶红、马蹄莲、大岩桐、球根秋海棠等。

兰科花卉　指兰科中具有较高观赏价值的植物,因其种类多,习性相近,故独立成一类。兰科花卉通常又分为中国兰花和热带兰花两大类。中国兰花主要是指兰科兰属的植物,大多数为地生,花小,色淡,具香味,如春兰、惠兰、建兰、墨兰、寒兰等。热带兰花多数为附生,花大,色艳,香味淡或不具香味,如卡特兰、万带兰、蝴蝶兰、石斛兰、文心兰等。

蕨类植物　常见的有铁线蕨、肾蕨、鹿角蕨、鸟巢蕨、凤尾蕨、波士顿蕨等。

仙人掌及多肉植物　指仙人掌科植物或茎叶肥厚、肉质多浆的植物。常见栽培的有仙人掌科、景天科、番杏科、萝摩科、菊科、百合科、龙舌兰科、大戟科的许多种。如金琥、昙花、令箭荷花、蟹爪兰、芦荟、伽蓝菜、宝石花、石莲花、燕子掌、龙舌兰、虎皮兰等。

木本花卉　常见的有一品红、变叶木、杜鹃花、山茶花、叶子花，以及棕榈科植物和朱蕉属、龙血树属、榕属的植物。

2. 按花卉用途分类

花坛花卉　常见有的矮牵牛、一串红、鸡冠花、万寿菊、孔雀草、百日草、翠菊、三色堇、雏菊、金盏菊、金鱼草、美国石竹、羽衣甘蓝、红叶甜菜、大丽花等。

花境花卉　常见的有耧斗菜、大花飞燕草、芍药、牡丹、荷包牡丹、虞美人、蜀葵、锦葵、紫菀、大花金鸡菊、蛇目菊、波斯菊、萱草、玉簪、凤尾兰、番红花、鸢尾、石蒜、大花美人蕉等。

水生花卉　常见的有荷花、睡莲、王莲、凤眼莲、石菖蒲、菖蒲、水葱等。

草坪草及地被植物　常见的有匍匐剪股颖、野牛草、结缕草、紫羊茅、高羊茅、黑麦草、早熟禾、二月兰、白三叶、马蹄金、红花酢浆草、麦冬等。

切花花卉　常见的有香石竹、满天星、月季、菊花、唐菖蒲、小苍兰、卡特兰、蝴蝶兰、花烛、马蹄莲、百合、郁金香、鹤望兰、球根鸢尾、金鸟赫蕉、文心兰、万带兰等。

盆栽花卉　常见的有山茶花、杜鹃花、八仙花、叶子花、天竺葵、君子兰、仙客来、大岩桐、红鹤芋、瓜叶菊、蒲包花、报春花、球根秋海棠等。

观叶植物　常见的有彩叶草、彩叶芋、苏铁、南洋杉、马拉巴栗，以及蕨类植物、竹芋科植物、棕榈科植物、凤梨科植物、朱蕉属植物、龙血树属植物和榕属植物等。

第三节　植物生产发展概况

一、农作物生产

世界土地利用总面积 1999 年约为 13 414 225 $\times 10^3$ hm^2，耕地面积约为 1 369 110$\times 10^3$ hm^2，灌溉面积 274 166$\times 10^3$ hm^2。其中粮食作物约占耕地面积 2/3，油料作物、纤维作物和糖料作物约占 1/10。

我国是农作物生产大国。据统计，我国土地利用总面积为 959 805$\times 10^3$ hm^2，耕地面积为 124 140$\times 10^3$ hm^2，灌溉面积 53 740$\times 10^3$ hm^2。

2001 年我国谷物收获面积 83 145$\times 10^3$ hm^2，平均单产 4 817 kg/hm^2，总产量是 400 536 kt。其中，面积最大的是稻谷，收获面积 28 587$\times 10^3$ hm^2，平均单产 6 350 kg/hm^2，总产量是 181 515 kt。其次是小麦，收获面积 24 399$\times 10^3$ hm^2，平均单产 3 849 kg/hm^2，总产量是 93 920 kt。第三是玉米，收获面积 23 474$\times 10^3$ hm^2，平均单产 4 703 kg/hm^2，总产量是 110 390 kt。棉花收获面积 4 800$\times 10^3$ hm^2，平均子棉单产 3 463 kg/hm^2，总产量是 14 700 kt。花生收获面积 4 631$\times 10^3$ hm^2，平均单产 3 149 kg/hm^2，总产量是 14 583 kt。大豆收获面积 8 700$\times 10^3$ hm^2，平均单产 1 724 kg/hm^2，总产量是 15 000 kt。油菜籽收获面积 8 000$\times 10^3$ hm^2，平均单产 1 470 kg/hm^2，总产量是 11 760 kt。

二、园艺作物生产

随着社会经济的发展,人民生活水平的提高和农业种植业结构的调整,园艺作物的生产得到了迅速的发展。到 1999 年,我国水果种植面积已达到 8 315×10^3 hm^2,单产为 8 279 kg/hm^2,总产量为 68 842 kt;蔬菜种植面积 15 159 × 10^3 hm^2,单产为 18 344 kg/hm^2,总产量为 278 075 kt;花卉种植面积达到 53 300×10^3 hm^2。

(一) 果品生产

目前,我国果品生产在世界上占有重要的地位。果树栽培面积和水果年产量均居世界首位。1999 年,我国苹果、梨、桃和李的生产总量居世界第一位。就我国果品生产种类结构来看,苹果、柑橘和梨三大果树的生产占有绝对的优势。1996 年上述三种果树栽培面积占全国果树栽培总面积的 60.8%,产量占全国水果总产量的 67.3%,其中苹果为第一位,面积占全国果树栽培总面积的 34.9%,产量占全国水果总产量的 36.6%;其次是柑橘和梨,面积分别占全国水果总产量的 18.2%和 12.5%。在我国果树生产中占有较重要地位的还有桃、香蕉、葡萄、李和柿,它们的产量分别占全国水果总产量的 6.2%、5.4%、4.1%、3.2%和 2.2%。其他 20 多种水果的生产总量较低,只占全国水果总产量的 11.6%。

(二) 蔬菜生产

我国的蔬菜生产取得了令世人瞩目的成就。据统计,1980—1998 年我国蔬菜产值平均年增长 15.53%,到 1999 年,我国蔬菜年总产值已达到 2 500 亿元,占种植业总产值的 17.5%,占经济作物总产值的 50%。在种植业中,种菜收入仅次于粮食,已成为农民的主要经济来源之一。目前,蔬菜市场不但数量充足,价格相对平稳,而且市场供应基本均衡,花色品种增加,商品质量有所提高。蔬菜业的发展不仅服务了城、镇,而且也为振兴农村经济,农民脱贫致富开辟了新途径。

(三) 花卉生产

花卉业是当今世界最具活力的产业之一。花卉产业的发达与兴旺已成为一个国家富强、文明的标志之一。随着改革开放的深入,我国花卉业有了长足的发展。花卉产业已成为我国农村进行农业结构调整,增加农民收入的有效途径。

世界上花卉种植面积较大的国家有荷兰、美国、日本、英国、意大利、德国、西班牙等。近年来,一些发展中国家包括赤道线附近的非洲国家如厄瓜多尔、肯尼亚、津巴布韦等,利用热带高原气候型的独特条件,在鲜切花的生产出口方面开始崭露头角。

世界各国的花卉科研机构经过多年的努力,在新品种选育、栽培技术、采后处理以及栽培设施等方面的研究都取得了丰硕的成果,促进了花卉业的迅速发展。

我国植物种类繁多,野生花卉资源和园林植物资源极为丰富,是世界花卉和观赏树木最大的起源中心。据调查,全世界杜鹃花属约有 800 种,其中 650 种原产我国;报春花属约 450,原产我国有 390 种;百合全世界有 100 种,原产我国 60 种;极为珍贵的金茶花我国就有 10 多种。中国所拥有的广袤疆域和丰富的花卉种质资源为花卉的发展提供了有利的基础条件。十多年来,我国花卉科研人员积极努力,在多个方面开展了深入研究,并取得了一些进展。

三、我国植物生产发展和研究的方向

面对世界经济一体化和我国加入世界贸易组织，我国植物生产面临着严峻的挑战和发展的机遇。与世界发达国家相比，我国植物生产存在的突出问题是，生产成本高，效益低；优质专用品种类型少，产品品质指标变化大，质量不稳；生产的区域化、集约化、模式化、标准化程度低；农产品的国际竞争力弱。为此，我国植物生产应进行战略性调整，即我国植物生产要向区域化、集约化、标准化、无公害化方向发展；植物种类和品种要向多样化、优质专用化方向发展；生产技术要向简化、机械化、低成本、高效益方向发展，实现植物生产的可持续发展。为此，植物生产学重点研究方向应有以下几个方面。

1. 具有中国特色植物生产体系的建立及其技术原理的研究　植物生产体系的基本内涵是，研究复杂环境、生产因子、技术水平和不同经济层次耕作水平下的新耕作体制，它属于多学科、多部门、多层次的综合研究范畴。我国人多地少，资源相对短缺，植物生产史上素有精耕细作的优良传统。今后随人口增长对农产品需求的不断增加，需要建立传统精细农艺与现代科学技术密切结合的、具有中国特色的植物生产体系，合理利用自然资源和提高土地利用率。植物生产体系体现了资源、经济、技术的结合，包括了种植业各部门合理布局与技术组装，也涉及农、牧和农产品加工等一系列重要环节。本项研究的重点主要是农田种植系统的结构、功能以及提高农作物整体生产力的理论和实践问题。

2. 集约条件下植物高产、优质、高效机理和技术系统及突破点的研究　集约，就意味着加强和密集，即在有效的耕地面积上增加物质、能量、资金和技术的投入，充分利用光、热、水、肥自然资源，最大限度地提高土地生产力。通过集约化生产，使农作物高产、优质、高效，是我国农业现代化的发展方向。要从注重单项技术研究转向综合技术研究，从重视一季作物转向多季作物，从单纯技术研究实行技术与经济相结合，从注重产量指标走向产量与品质兼顾，并加强产前、产中、产后的农业生产全过程的研究。研究重点为高产、优质机理和高产、优质关键技术。

3. 在限制条件下植物抗逆稳产综合耕作栽培技术的研究　我国地域辽阔，自然生态条件差异很大，很多地区农作物在限制条件下栽培，产量不稳不高。例如，我国无灌溉条件的旱作面积约占农作面积的一半，蓄住天上水，保住土中墒，是旱作农业增产的关键；还有一部分地区农作物不同程度地遭受盐碱、低温、寒冷和阴湿的危害，需针对生产中的关键问题，在特殊生态条件下进行抗逆稳产栽培技术的研究。

4. 设施栽培理论与技术的研究　设施栽培已成为当代衡量一个国家经济发展水平和科技进步程度的重要标志之一。设施栽培包括大棚、温室、塑膜、无土栽培、育苗移栽等。其特点是通过采用新技术、资金、劳力集约经营的途径，充分利用空间和时间，实现农作物高产、优质、高效、多样。随着科学技术的发展，设施栽培在 20 世纪 90 年代乃至以后将在农业生产中大放异彩，它从蔬菜、花卉、果树等经济作物发展到大田作物。要加强设施栽培的机理和高产、优质、高效技术的研究，在未来商品农业中提供丰富的优质果菜和粮食作物。

5. 间套复种立体种植机理与技术的研究　间套复种多熟种植，是充分利用空间和时间以提高耕地产量的集约化栽培的有效种植形式，它是我国农作物栽培的重要特点之一，能显著地增加耕地复种指数，提高农作物产量，在世界农业生产和科学研究中具有较高水平。今后我国扩大耕

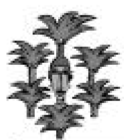
地面积的潜力很小,农业发展的主要出路是充分利用土地、空间和时间,提高每年单位面积的产出量,同时,要保护和改善环境资源,进一步发展不同类型的间作、套作、复种方式和组合。要加强农作物的间套复种机理的研究,为不断进行种植制度改革提供理论依据。

6. 集约栽培技术体系与资源环境保护及其相互关系的研究　随着集约化栽培体系逐步向高级发展,在提高耕地生产力的同时也带来了新的与资源环境错综复杂的关系。既有积极的一面,也有消极的影响。建立农田环境保护、调养和培肥地力的机制,研究土壤—措施—作物之间的相互关系,为充分、合理、持续地利用光、热、水资源的种植制度和作物高产付诸实施提供物质保证。

7. 植物生产信息技术　信息技术在农作物生产上的应用,使植物生产技术从定性逐步向定量化发展。植物生产管理决策支持系统和精确农业技术的发展和应用显著地提高了农作物生产的综合效益和生产水平,推进了农作物生产的信息化、模式化、现代化。今后我国应逐步加强此项研究工作,组织多学科、多部门的协作,建立农作物生产潜力、农业资源评价、种植制度调整、作物布局规划、新技术推广等模拟模型和宏观决策指导系统。

8. 农作物高产水平下生长发育和产量、品质形成规律的研究　在不同自然环境条件探索和实现农作物高产和稳产,始终是耕作栽培学家的主攻目标。农作物高产的实质是通过绿色叶片在阳光下大范围地利用水分和养分进行光合作用生产有机物质的过程,植物生理学和生物化学,是指导研究作物高产栽培的理论基础。随着自然科学的发展,生产条件的改善,新方法和新技术的应用,需要在更高产量水平上探索农作物生长发育规律及其调控途径,为农作物高产再高产提供理论依据。

9. 生物技术改造传统的植物生产技术的研究　生物技术在农业上的广泛应用,将是 21 世纪科学技术的重要特征。为了创造高产、抗倒、抗旱的作物品种,降低生产成本,培育转基因植物,构建新的"物种",利用生物制剂,减少环境污染,有效地防治作物病虫害,采用生长调节剂,进行化控栽培等新技术,将不断地丰富和发展植物生产学。



思考题

1. 简述农业、植物生产的概念。
2. 简述植物生产学的特点、性质、任务。
3. 简述栽培作物与其野生祖先之间的主要差别。
4. 简述按用途和植物学系统相结合的方法,试对农作物进行分类。
5. 简述果树、蔬菜、花卉的分类方法。
6. 论述我国植物生产的现状与问题。
7. 论述我国植物生产的发展和研究方向。



植物的生长发育与产品形成规律

人类栽培利用的植物种类繁多。各类植物都有各自的生物学特性和不同的栽培目的。了解植物的生物学特性、生长发育规律和产品形成规律对指导植物生产具有重要意义。

第一节　植物的生长发育和生育期

生长是指植物细胞的增大与增多,是植物体或器官体积、重量增加的量变过程。发育是指植物体的构造和机能从简单到复杂变化的质变过程,主要表现为各种细胞、组织和器官的分化。从植物生产角度讲,发育主要指从营养器官阶段转到生殖生长的质变过程。在植物一生中,生长和发育常常是交织在一起的。

植物种子萌发、生根并形成茎和叶,植物的体积和重量增加,就是植物的生长现象,是植物营养生长的过程;营养生长到一定阶段后,植物开始开花并形成果实和种子,是植物生殖生长的过程。植物的外形、大小差别虽大,但基本都是由根、茎、叶、花、果实和种子等器官构成。根、茎、叶等是吸收、合成和输导营养的器官,故称营养器官,它们的生长是产生花、果实和种子的基础。花、果实和种子是贮藏营养和繁衍后代的器官,所以叫生殖器官。植物各器官之间相互依赖、相互制约,从而保证植物体的协调统一。

一、植物生长发育

(一) 植物的生长发育特性

1. 温光反应特性　在植物的个体发育过程中,植株由营养体向生殖体过渡,要求一定的外界条件。研究证明,温度的高低和日照的长短对许多植物实现由营养体向生殖体的质变有着特殊的作用。植物生长发育对温度高低和日照长短的反应特性,称为植物的温光反应特性。例如,

冬小麦、某些蔬菜植株只有顺序地通过低温和长日照处理才能诱导生殖器官的分化，否则就只进行营养器官的生长分化，不能正常抽穗（薹）结实完成生育周期。

在一天中，白天和黑夜的长度称为光周期（photoperiod）。通常把植物对白天和黑夜相对长度的反应称为光周期现象（photoperiodism）。根据植物开花的光周期反应，植物可分为三类：短日植物（日照长度短于临界日长时才能开花结实的植物，通常早春或秋季开花）、长日植物（日照长度长于临界日长才能开花结实的植物，常常在夏季开花）和日中性植物（开花对日照适应性较广的植物）。

低温对一些植物的生长发育具有特殊的重要性。一方面，低温是一些二年生植物（如萝卜、白菜、荠菜等）和一些喜冷凉能越冬生长植物（如冬小麦）花诱导的必需条件，某些果树和观赏植物完成花芽分化也需要一定的低温条件，低温影响这些植物的成花过程。这种低温对植物开花的促进作用称为春化作用（vernalization）。另一方面，低温是多年生木本植物（如落叶果树）顺利通过自然休眠的必需条件，如果低温累积不够，这些植物不能正常进入下一周期的生长发育，或在下一周期的生长发育过程中产生一个或多个环节的生理障碍。

根据植物温光反应所需温度和日长，可将植物温光反应归为典型的两大类，即低温长日型和高温短日型。低温长日型植物在苗期需要一定的低温条件，并感受长日照，才能进行幼穗分化。满足了低温和长日照条件，则有利于促进幼穗分化；相反，低温和长日照条件得不到满足，会阻碍植株由营养生长向生殖生长的转化，延长生育期，甚至不能抽穗结实。高温和短日照会加速水稻生育进程，促进幼穗分化。

2. 周期性　植物在生长过程中，无论是细胞、器官或整个植株的生长在不同时期生长速度是不一样的。通常表现为初期生长缓慢，以后逐渐加快，生长达到最高峰以后，开始逐渐减慢，以致生长完全停止，形成“慢—快—慢”的规律。植物生长的这种规律叫做生长大周期。用坐标表示呈“S”形曲线。为了促进器官生长，应在生长最快时期到来之前采取有效措施促进或抑制植株或器官的生长。

植物在生长季节中，生长活跃的器官一般是白天生长慢，夜间生长快，有一定的节奏，这称为生长的昼夜周期。白天气温高，植物的蒸腾作用强，呼吸消耗量也较大，同时紫外光对植物生长也有抑制作用，因而白天比夜间长得慢。但在早春时由于夜间气温低，植物在夜间生长反比白天慢。

3. 极性现象　植物某一器官的上下两端，在形态和生理上都有明显的差异，通常是上端生芽下端生根，这种现象叫做极性。例如，扦插的枝条上端生芽、下端长不定根。由于有极性现象，生产中扦插枝条时不能倒插。

4. 再生现象　植物体各部分之间既有密切的关系，又有独立性。当植物体失去某一部分后，在适宜的环境条件下，仍能逐渐恢复所失去的部分，再形成一个完整的新个体，这种现象叫再生。例如扦插繁殖、分根繁殖等都是利用植物体的再生能力。

5. 物候期　一年内，植物生长发育有规律的形态变化与季节性变化相适应的时期称为物候期（phenological period）。

（二）植物生长发育的阶段性

对于收获生殖器官的栽培植物尤其是草本植物，在植物完成一个生产周期中，按形态特征、生育特点和生理特性，往往可分为三个不同的生长发育阶段，每个阶段中又包括不同的生育时

期。这些不同的阶段与时期既有各自的特点，又密切联系，对植物产量和品质具有重要影响。

1. 营养生长阶段　此阶段是指从植物生根、增叶、茎节生长至生殖体开始分化形成的一段时间，是植物以营养器官生长为主的阶段。此阶段的长短因植物类型而异，是收获营养器官的植物形成产量的关键时期。

2. 营养生长与生殖生长并进阶段　往往是指生殖体开始分化形成至营养体生长达最大值、生殖体分化完毕的一段时间。本阶段的生育特点是茎节迅速伸长，叶片增多、增大，根系继续扩展，营养体基本建成，同时生殖体强烈分化，是植物生长发育最旺盛的阶段，也是促进叶片增大，茎秆粗壮，协调营养生长与生殖生长关系，促进生殖体形成，早开花、多结实的重要阶段。

3. 生殖生长阶段　指营养体生长达一定值、生殖体分化完毕至成熟收获的一段时间。营养体根、茎、叶停止生长或生长变缓，并开始进入衰老期，生殖体完成开花、受精而进入产量形成阶段。是决定以子粒为收获物的植物产量的关键阶段。

多年生的果树定植后长达几年，才能进行花芽分化，以后在每年一个生产周期中，又可分为以上三个阶段。

二、植物的生育期

了解植物生活史，对整个生命周期进行发育过程划分，是人们调控植物生长、提高产量和品质、组织和管理植物生产的基础。每一种植物都有其生长、发育、衰老、死亡的过程，这一过程称为植物的一生，也称为生育周期或生命周期，简称生育期。植物的整个生育期，可划分为生长发育不同的生育时期或生长发育阶段。一年中，根据植物的生长发育状况往往可分为生长期和休眠期。生长期（growth period）是指植物各器官表现出显著的形态和生理功能动态变化的时期。休眠期（dormancy period）指种子、芽、根等器官生命活动微弱，生长发育停滞的时期。

（一）多年生木本植物的生育期

栽培的多年生木本植物包括果树、某些观赏植物和某些蔬菜。其生育期和生长发育时期的划分比较复杂。

多年生果树和某些观赏木本植物等的生命周期又称为年龄时期，往往以年来表示。一年内，随气候变化，表现出一定规律性的生命活动过程，称为年生长周期。每个生命周期包含许多个年生长周期，这是多年生栽培植物不同于一、二年生农作物的显著特征。进行有性繁殖和无性繁殖的木本植物，其生命周期有本质差别；落叶和长绿木本植物的年生长周期也明显不同。

1. 有性繁殖的木本植物　生命周期是指由胚珠受精产生的种子播种萌发到死亡的时间。包括童期（juvenile phase）、成年期（adult phase）和衰老期（senescence phase）。童期也称为幼年期，指种子萌发到实生苗具有分化花芽潜力和开花结实能力的时间。在此阶段，采取任何措施都不能使植物开花结果。对于观赏茎叶的植物，人们希望此期长些；对于果树则希望此期短些。成年期指从具有开花结果能力到开始出现衰老特征的时间。该期到来的早晚和长短，对果树和以花、果为观赏价值的植物具有重要意义。衰老期指生长势明显衰退到死亡为止。

2. 无性繁殖的木本植物　无性繁殖的木本植物往往是利用营养器官的再生能力培育的植株。因为从母株上采集的繁殖材料（芽、茎、叶、根等）已经具有开花结果能力或不需要再从种子萌发开始，所以其生命周期是从新植株定植成活到死亡的时间。对于果树和以花、果为观赏价值

的植物而言，由于在母体中已渡过童期，只要条件许可，即可进行开花结实。但无性繁殖的木本植物前期往往只进行营养生长，不开花结果或很少开花结果，故其生命周期又分为营养生长期、结果期（或成年期）和衰老期。对于观赏茎叶的植物则直接进入营养生长期（或生产期）。

3. 年生长周期　栽培的木本植物有落叶和常绿植物两类。落叶树木有明显的生长期和休眠期，常绿树木的年生长周期中没有明显的休眠期。落叶果树的年生长周期可划分为如下生育时期：萌芽期、开花期、新梢生长期、花芽分化期、果实发育期、落叶期和休眠期。根据地上部和地下部器官的生长发育状况，落叶果树的根系可划分为开始活动期、生长高峰期、生长缓慢期和停止生长期；地上部营养器官可分为芽膨大期、萌芽期、新梢生长期、芽分化形成期和落叶期。地上部生殖器官可分为花芽膨大期、开花期、果实发育期、花芽分化形成期和果实成熟期。常绿果树地下部根系可划分为开始活动期、生长高峰期和生长缓慢期，地上部营养器官可分为春梢生长期、老叶脱落期、夏梢生长期、秋梢生长期、缓慢生长期、冬梢生长期和芽分化形成期；地上部生殖器官可分为花芽和花序发育期、开花期、坐果期、生理落果期、果实生长期、果实成熟期和花芽分化形成期。

（二）一年生或两年生植物的生育期

对于以生殖器官为产品的一年生或两年生大田作物、蔬菜和花卉，其生育期指从播种到收获的时间，往往以月和天数来表示。根据作物一生中外部形态出现的显著变化，又可划分为若干个生育时期，如作物的发芽期、苗期、开花期、结果（实）期、成熟期等。又因栽培植物种类、栽培方式和栽培目的的不同，具体生育时期的划分也不同。如育苗移栽的植物可分为秧田期（育苗期）、大田生长期。对于以营养体为产品的植物，如大田作物中的麻类植物、牧草、绿肥、甘蔗、甜菜，蔬菜作物如白菜、甘蓝、芹菜，观叶（茎）植物如彩叶草，生育期是指出苗到产品适宜收获期的总天数。

第二节　植物器官的建成

植物的一生由许多不同的发育阶段组成，不同发育阶段有规律、有顺序地产生不同的器官。栽培植物种类不同，生育阶段的划分不同，器官产生的途径和时期也存在差异。对大多数栽培的被子植物而言，其生长发育和器官建成的顺序为：种子萌发→根茎叶芽枝分化→花芽分化→花→传粉受精→合子→胚和胚珠→新种子产生。了解植物器官的建成规律、作用，是人类管理植物生产的生物学理论基础。

一、种子的萌发

种子是种子植物所特有的繁殖器官，是由胚珠发育而来的。凡是由胚珠发育形成的种子才是真正的种子，如棉花、花生、菜豆、油菜、柑橘等的种子。从种子播种、萌发，经过一定的生长发育阶段，到开花、结果，产生新的种子的过程，称为种子植物的生活史。植物的种类不同，其种子在大小、形状和颜色等方面有着较大的差别。因此，种子的特点是植物分类的依据之一。

（一）种子萌发的环境条件

种子萌发需要适宜的温度、水分及氧气。

1. 温度　一般说来,原产高纬度地区的植物,种子萌发需要的温度较低,而原产低纬度地区的植物,种子萌发需要的温度较高。种子萌发对温度要求表现出三基点,即最高温度、最低温度和最适温度(表2—1)。在一定温度范围内,随着温度的升高,种子萌发速度加快。其原因是温度适当升高,可加快酶促反应,加强种子吸水,促进气体交换以及物质的运输和转化。当温度低于最低限度时,呼吸弱,种子发芽缓慢,消耗有机物质多,苗细弱,易受病菌危害和烂种。但温度过高会使苗长得细长而柔弱。低温是影响春播种子正常萌发的主要因素,因此,春播植物要做到早出苗、出壮苗,故常采用火炕、温床、温室、地膜覆盖等措施。

表2—1　不同植物种子萌发温度要求

植物种类	最低温度/℃	最适温度/℃	最高温度/℃
小麦、大麦	0～5	25～31	31～37
玉　米	5～10	37～44	44～50
水　稻	10～13	25～35	38～40
黄　瓜	15～18	31～37	38～40
番　茄	15	25～30	35
棉　花	12～15	25～30	40
大　豆	10～12	30	40
花　生	12～15	25～37	46

2. 水分　种子吸水使种皮膨胀软化,有利于气体交换,促进细胞呼吸和新陈代谢作用;有了水分供给,贮藏的营养物质在酶的作用下加快分解而转运到胚,供胚利用;种皮软化后,在胚和胚乳的压迫下易破裂,有利于胚根、胚芽突破种皮而出。

3. 氧气　种子萌发时需要有充足的氧气供应,才能保证有氧呼吸正常进行,以提供所需的能量。土壤板结或水分过多都会造成土壤缺氧。缺氧时种子进行无氧呼吸,消耗了有机物质,同时会积累过多的酒精而使种子中毒,不能正常萌发。植物播前的整地、松土等耕作的作用之一就是增加土壤的通透性。

(二) 种子萌发的过程

1. 吸水膨胀　当种子遇到适宜的水分时,种子内含有的蛋白质、淀粉、纤维素等亲水物质,具有吸胀作用,能与水分子结合。当水进入细胞后,使有机物逐渐变成溶胶状态,种子便慢慢膨胀。种子吸水膨胀是物理过程。

2. 萌动　种子吸水膨胀后,种皮变软,胚乳和子叶中贮藏的养料在酶的催化下陆续分解转化。淀粉转化成葡萄糖,脂肪转化为甘油和脂肪酸,蛋白质转化为氨基酸。这些可溶性的物质被运送到胚部供其吸收利用。一部分是用于呼吸消耗,一部分用于构成新的细胞,使胚生长。由于胚细胞不断增多,体积也增大,顶破种皮,称为萌动(露白)。萌动后,胚根首先突破种皮向土中伸入。

3. 发芽　种子萌动后胚根和胚芽继续生长,当胚根的长度与种子长度相等,胚芽长度约为种子长度的1/2时,叫种子发芽。种子发芽后,胚根和胚芽继续生长,逐步分化成根、茎、叶,长成能够独立生活的幼苗。根据子叶是否出土,可将幼苗分为两种类型,即子叶出土的幼苗(如大豆、菜豆、西瓜、苹果、桃和葡萄等,这类幼苗的子叶见光转绿、长大,成为幼苗最早进行光合作用的器官)和子叶不出土(又称子叶留土)的幼苗(如豌豆、蚕豆、核桃、板栗、禾本科植物等,这类幼苗的

子叶仅在发芽时起供给营养的作用)。另外,有少数植物出苗时子叶一半出土、另一半留在土壤中,称为子叶半出土的幼苗(如花生等)。

幼苗未出现绿叶之前是靠种子内的胚乳或子叶里贮藏的营养进行生长的,因而选用子粒饱满、充分成熟的种子是保证全苗、壮苗的基础。子叶生长情况及其寿命,对幼苗的发育有着重要的作用,保护好子叶是幼苗健壮生长的重要条件。

二、营养器官

(一) 根

根是植物的重要营养器官,根的重量可超过整个植株重量的一半,特别是在植物生长的前期,根的生长快于地上部茎叶。根的主要功能是吸收、输导、支持、合成和贮藏。根从土壤中吸收水、二氧化碳和无机盐类,通过维管组织输送到茎和叶;而叶所制造的有机物经过茎输送到根的各部。根系固着在土壤中,使茎叶得以伸展,并能经受风雨和其他机械力量的袭击。根还有合成功能,制造某些氨基酸、植物激素和植物碱等,此外还有分泌有机酸的作用。大多数植物的根群主要分布在耕层0～30 cm范围内,深可达几米以下。根系水平分布的范围很广,西瓜、南瓜的根横向发展旺盛,可超过5 m;果树根系水平扩展范围常达树冠的2～5倍。

1. 根和根系的形态　种子植物的根有主根、侧根和不定根之分。由种子中的胚根发育形成的根称为主根或初生根。主根垂直于地面向下生长,达到一定长度后,生出许多分枝,称为侧根或次生根。侧根还可以进一步生出侧根。在主根和侧根以外的部分如茎、叶、胚轴或老根上产生的根统称为不定根。由于植物的根分布广、分枝多,常使植物地下部分表面积比地上部分大5～15倍,所以植株可以得到足够的水分和无机盐。

植物根的总和称为根系。大多数双子叶植物如棉花、麻类、豆类、油菜以及嫁接繁殖的多年生果树等的根系有明显的主根和侧根之分,称为直根系。在单子叶植物中,如水稻、小麦等由胚根发育形成的主根只生长很短的时间便停止生长,然后在胚轴或茎基部长出许多不定根,因而所有根的粗细相近,没有明显的主根,称为须根系。通过扦插、分株等方法繁殖的植物的根系来源于茎上的不定根,也属于须根系的范畴。一般直根系由于主根长,可以向下生长到较深的土层中,能够吸收到土壤深层的水分,而须根系由于主根短,侧根和不定根向周围发展,分布较浅,可以迅速吸收地表和土壤浅层的水分。

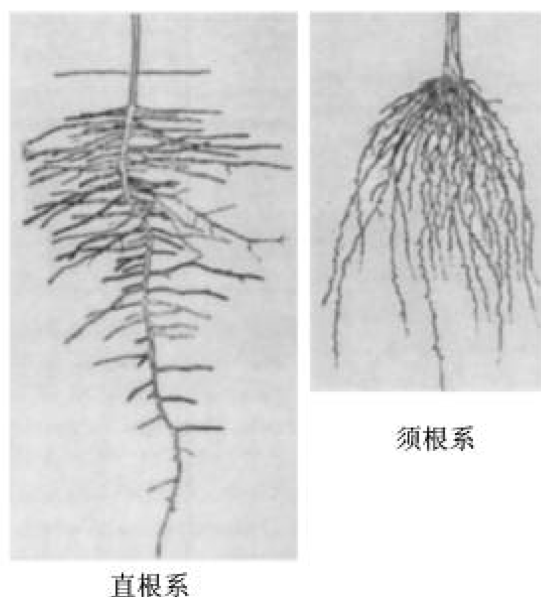


图2—1　植物的根系

2. 根瘤与菌根　土壤中微生物和植物生活在一起形成相互有利的关系,称为共生。根的共生现象包括根瘤和菌根。

根瘤是微生物和植物根系共生形成的瘤状突起,在豆科植物中发现较多。根瘤菌是一群具有固氮能力的短小杆菌,群集生活在根毛周围,能穿过根毛细胞的细胞壁而进入根毛之内,然后沿根毛向内侵入到皮层,根瘤菌的分泌物刺激皮层细胞进行迅速分裂,使皮层细胞数目增多,体

积增大。与此同时根瘤菌在皮层的薄壁细胞内大量繁殖,使中央的细胞充满根瘤菌,结果在根的表面形成了瘤状突起。根瘤内的根瘤菌从根的表皮细胞中吸取其生长发育所需的水分和养料,同时它本身又把空气中的氮和细胞内的糖固定合成为含氮化合物,供给植物生长发育的需要,二者建立了互利的共生关系。但当植物苗期生长较差体内缺糖时,根瘤菌的固氮作用减弱,细菌只摄取细胞内的营养,而不向植物供应可以利用的氮,使幼苗出现生长缓慢,叶色变浅等缺氮症状。所以,豆科植物在苗期要追施适量氮肥,以促进根瘤发育。农业生产上常施用根瘤菌肥或利用豆科植物与其他植物轮作、套作或间作的栽培方法,可以少施肥达到增产的目的。根瘤菌和豆科植物的共生有时间性和选择性。通常,根瘤菌侵染幼苗期生长旺盛的主根或靠近主根的侧根而形成根瘤;一种豆科植物只能与一种或几种根瘤菌共生。

菌根是植物的根系与土壤中的真菌菌丝体共生形成的共生体。苹果、梨、葡萄、柑橘、龙眼、荔枝、松、杨、草莓、小麦等的根系常形成菌根。真菌的菌丝大部分生长在幼根的外表,有的也可生长在皮层的细胞间隙,或幼根的活细胞内,它从根细胞内吸收所需的有机营养。菌根的形成增大了根的表面积,能够加强根的吸收能力;同时还能产生植物激素和维生素 B 等物质刺激根系的发育,分泌水解酶类,促进根周围有机物的分解;菌丝呼吸所释放的二氧化碳溶解后形成碳酸,可提高土壤的酸性,促进土壤中盐类的溶解;有的菌丝尚有固氮作用或把不能被植物利用的有机氮变为可利用状态。在新建果园时,在栽植穴内接种菌根可提高幼树成活率和生长速度。

3. 根的变态　很多植物的根,其形态及功能发生了变化,这种变化可以遗传给下一代。根变态的主要类型有:

(1) 贮藏根　主要功能是贮藏大量的营养物质,根据来源不同被分为肉质直根和块根两大类。肉质直根主要由主根发育而成。一棵植株上仅有一个肥大的直根,常常包括下胚轴和节间极度缩短的茎。如胡萝卜、萝卜、甜菜和人参等的肉质直根。块根主要由侧根和不定根发育形成,在一株植物上可以形成许多块根,如甘薯。

(2) 气生根　广义的气生根包括了所有生活在空气中的不定根。常见的有下列几种类型:① 支持根,如玉米、高粱等植物,在茎基部的节上发生许多不定根,先端伸入土壤中,并继续产生侧根,成为增加植物整体支持的辅助根系。② 攀援根,如常春藤、凌霄花和络石等。③ 呼吸根,如水松和红松等。由于生在泥水中,根系呼吸十分困难,因而有部分根垂直向上生长进入空气。④ 寄生根,也称吸器,是寄生于植物茎上而发育的不定根,可以伸入寄主体内,与寄主的维管组织相连通,吸取寄主的养料和水分供本身生长发育的需要,如菟丝子。

4. 根的生长发育

(1) 单子叶植物　种子萌发时先长出初生胚根,接着在下胚轴上长出次生胚根 3～7 条,统称为种子根或胚根。它们在植物幼苗期至生育中期,甚至到成熟期对养分、水分的吸收起着重要作用。禾谷类植物根的数量和重量随分蘖发生而不断增加,一般在最大分蘖期根的数量达到最大,在抽穗前后根的总重量达到最大,以后逐渐老化死亡。出苗至分蘖期,禾谷类植物的根系主要横向发展,拔节以后转向纵深发展。

(2) 双子叶植物　豆类、棉花、油菜等植物在生长前期主根生长很快,迅速下扎,苗期主根生长比地上部株高生长速度快 4～5 倍。现蕾后主茎迅速伸长进入旺长期,根系生长速度渐缓,但仍是形成大量侧根和根系增重的生长盛期。开花后主根和大侧根生长缓慢,但小支根和根毛大量滋生,形成根系吸收养分和水分的高峰时期。生长后期根系不再生长,同时小支根逐渐衰亡,

吸收能力下降,吸收矿质养分的能力明显下降,进入根系活动机能衰退期。

木本植物早期发生的根大多形成骨干根,随着树体生长减慢,某些较细的骨干根死亡、更新;进入衰老期后,骨干根大量死亡。多年生木本植物的根无明显的休眠现象,条件适宜时周年可以生长。

(二) 茎和分枝

茎是联系植物根和叶的轴状结构。茎的主要功能是输导水分和养分、支持枝叶和花果在空间的合理分布,同时也有贮藏和繁殖功能。

1. 茎的基本形态 大多数植物的茎呈圆柱形,少数植物呈三棱柱形(莎草)和四棱柱形(薄荷)。禾谷类植物的茎多数为圆形中空,如水稻、小麦,但玉米、高粱、甘蔗的茎被髓所充满而成实心。双子叶植物的茎一般为圆形实心,但油菜茎的中上部以及芝麻的茎有棱。

茎上着生叶和芽的位置叫节,两节之间的部分为节间。各种植物茎的节间长短不一,如瓜类植物的节间长达数十厘米。禾谷类植物基部茎节的节间极短,密集于近地表处,称为分蘖节。油菜基部茎节紧缩在一起,称为缩茎段。

2. 芽的类型及构造 芽是茎、叶、花或花序的原始体。按芽在茎上发生的位置不同可以分为顶芽和腋芽。顶芽生于主干或侧枝的顶端。腋芽生于叶腋处,也称侧芽。顶芽和腋芽则称为定芽。生长在茎的节间、老茎、根或叶上的没有固定位置的芽,称为不定芽。不定芽可用来进行营养繁殖。按芽所形成的器官不同,芽可分为枝芽(叶芽)、花芽和混合芽。枝芽形成茎、枝和叶;花芽形成花或花序;混合芽(如苹果、梨的花芽)既形成枝,同时又形成花或花序。按芽的生理状态又可分为活动芽和休眠芽。活动芽在当年可以开放形成新枝、新叶、花和花序,一般一年生草本植物的芽都是活动芽。

一个叶腋中只有一个腋芽的叫单芽;在同一叶腋内可以形成两个以上的芽,称为复芽。生在叶腋正中的芽称为主芽,在主芽的两旁或在主芽的上方或下方的芽,称为副芽。如桃的副芽是花芽,其主芽和顶芽是枝芽。

3. 茎的生长习性和分枝 一般垂直向上生长的直立茎是茎的普通形式。但有些植物的茎适应外界环境而产生变化。丝瓜、葡萄、豌豆等为攀缘茎。牵牛、紫藤等植物的茎本身缠绕于其他支柱物上升,形成缠绕茎。还有些植物的茎是平卧在地面上蔓延生长的匍匐茎,如草莓、甘薯等。

禾谷类植物茎的生长除了顶端生长以外,每个节间基部的居间分生组织的细胞也进行分裂和伸长,使每个节间伸长而逐渐长高。双子叶植物茎的生长主要靠茎的顶端分生组织的细胞分裂和伸长,使节数增加,节间伸长,植株长高。

分枝由主茎叶叶腋的腋芽萌生而成。双子叶植物主茎每个叶腋的腋芽都可长成分枝,一般称为第一次分枝,从第一次分枝上长出第二次分枝,依次还可长出第三、第四次分枝。油菜、棉花、花生、豆类的分枝性很强,其产量的高低对这些植物的单株产量影响很大。一般情况下油菜一次分枝角果数约占全株角果数的70%,花生第一、二对侧枝上的结果数占全株总果数的70%～80%。棉花主茎的下部5～7节分枝一般为单轴型的叶枝(营养枝),其上常常只有叶芽,没有花芽,不能直接结铃,叶枝节间一般较长,与主茎夹角较小;主茎中上部的分枝一般为多轴型的果枝,其上着生花芽,开花结果,同时也着生枝芽,果枝节间一般较短,与主茎夹角较大。不同植物形成分枝的能力及其利用价值各异,如棉花和留种用的红麻、黄麻、亚麻需要萌生较多而茁

壮的分枝以提高产量,而纤用红麻、苎麻、亚麻在栽培上则要抑制分枝的发生。

禾本科植物如小麦、水稻等,上部茎节上很少产生分枝,而集中发生在接近地面几个节和节间密集在一起的分蘖节上。分蘖节里面贮有丰富的有机养料,能在此产生腋芽和不定根,由腋芽形成的分枝称为分蘖,分蘖上又可以产生新的分蘖。在农业生产上,分蘖和产量有直接关系,如果分蘖数目过少,则产量低;若分蘖数目过多,则后期分蘖为无效分蘖,收获时穗成熟较迟,常易引起病害,影响品质。所以,在栽培禾本科植物时,要适时播种、适当施肥、合理密植,控制无效分蘖,增加有效分蘖。

植物主茎与侧枝的生长存在着相互制约的关系,主茎顶端在生长上占有优势。植物主茎的顶芽抑制下部侧芽或侧枝生长的现象叫顶端优势。不同植物的顶端优势强弱不同。例如,向日葵、亚麻、玉米、高粱等植物有明显的顶端优势,顶芽抑制下部侧芽的萌发,如果摘去顶芽,侧芽就可萌发生长。但水稻、小麦等植物顶端优势不明显,顶芽不抑制下部侧芽,因此,这类植物分蘖旺盛,分蘖生长与主茎一样快,甚至超过主茎的生长。

在生产上,有时需要利用和保持顶端优势,如向日葵、麻类、烟草、玉米、高粱等植物;有时又需要消除顶端优势,如对棉花整枝摘心,可减少枝叶徒长,使养分集中于蕾铃。果树整形修剪也是对顶端优势的调控。

4. 茎的变态

(1) 地上茎的变态　包括叶状枝(如芦笋的拟叶)、茎卷须(如黄瓜、南瓜、葡萄蔓上的卷须)、茎刺(如皂荚、山楂、杜梨、柑橘茎上的刺)、肉质茎(如榨菜、甘蓝、莴苣等)。

(2) 地下茎的变态　地下茎的变态比较常见,包括:① 根状茎。匍匐生长在土壤中,有顶芽和明显的节与节间,节上有退化的鳞片状叶,叶腋有腋芽,可发育出地下茎的分枝或地上茎,有繁殖作用;节上有不定根。如芦苇、藕、姜、竹、苎麻的根状茎。② 块茎。是植物基部腋芽伸入地下形成的分枝,一定长度后先端膨大形成。如马铃薯、菊芋等。块茎有顶芽和缩短的节和节间,叶退化为鳞片状叶,脱落后留下条形或月牙形的叶痕,叶痕内侧为凹陷的芽眼,其中有腋芽,叶痕和芽眼规则排列,相当于节的位置。③ 球茎。球形或扁球形短而肥大的地下茎,节和节间明显,节上有退化的鳞片状叶和腋芽,顶端有一个显著的顶芽,茎内贮藏着大量的营养物质,有繁殖作用。如荸荠、芋等。④ 鳞茎。扁平或圆盘状的地下茎,节间极度缩短,顶端一个顶芽,称鳞茎盘。鳞茎盘的节上生有肉质化的鳞片状叶,叶腋可生腋芽。如洋葱、水仙、百合和大蒜等。

(三) 植物的叶

植物叶的主要功能是进行光合作用,植物体内90%左右的干物质是由叶片合成的。此外,叶片还具有呼吸、蒸腾、吸收等多种生理功能。有些植物的叶也还有贮藏养分和水分的作用,少数植物的叶还具有繁殖功能。

1. 叶的组成　叶一般由叶片、叶柄和托叶三部分组成(图2-2)。叶片多为薄的绿色扁平体,有利于光能的吸收和气体交换。叶柄连接叶片和茎,是两者之间的物质交流通道,还能支持叶片并通过本身的长短和扭曲使叶片处于光合作用有利的位置。托叶是叶柄基部的附属物,通常细小早落,托叶的有无及形状随不同植物而不同。如豌豆的托叶为叶状,比较大。

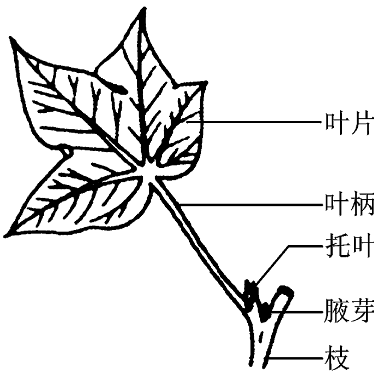


图2-2　棉花的叶

具有叶片、叶柄和托叶三部分的叶,叫完全叶。仅具其一或其

二的叶,为不完全叶。无托叶的植物有甘薯、油菜、芝麻。普通烟草的叶无托叶也无叶柄。

禾本科植物等单子叶植物的叶,从外形上仅能区分为叶片和叶鞘两部分,为无柄叶。一般叶片呈带状,扁平,而叶鞘往往包围着茎,保护茎上的幼芽和居间分生组织,并有增强茎的机械支持力的功能。在叶片和叶鞘交界处的内侧常生有很小的膜状突起物,叫叶舌。叶舌能防止雨水和异物进入叶鞘的筒内。在叶舌两侧,有由叶片基部边缘处伸出的两片耳状的小突起,叫叶耳。

2. 叶的形态

(1) 叶的大小和形状　叶的大小和形状在不同植物中有很大的差异。植物叶片形状常见的有下列几种:针形叶如松、柏类的针叶;线形叶如韭菜叶;披针形叶如水稻、小麦叶等;卵形叶如向日葵叶;心形叶如苎麻叶;肾形叶如棉花、红麻子叶;椭圆形叶如黄麻叶。叶片边缘叫叶缘,有的植物叶缘光滑无缺口,称为全缘叶(如甘薯、花生),有的植物叶缘呈波浪状(如茄),有的叶缘则像锯齿(如桃),有的叶缘的缺口很深像手掌状(如棉花)。

(2) 叶脉　叶脉是贯穿在叶肉内的维管组织及外围的机械组织,叶脉在叶片中分布的形式叫脉序,主要有网状脉序和平行脉序两大类。平行脉序是单子叶植物叶脉的特征。

(3) 单叶和复叶　植物的叶有单叶和复叶之分。一个叶柄上只生一个叶片的叶称单叶,如棉花、苎麻、油菜、甘薯、桃、苹果、银杏、辣椒和黄瓜等。一个叶柄上生有两个以上形状、大小基本相同叶片的叶称复叶,叶柄上着生的这些叶片叫小叶,小叶的叶柄叫小叶柄,小叶柄着生的叶柄叫总叶柄。根据复叶中小叶的数量和着生方式不同,将复叶分为三出复叶(三片小叶着生在总叶柄上,如大豆)、掌状复叶(三片以上小叶着生在总叶柄的顶端,似手掌,如大麻、木棉等)、羽状复叶(很多小叶着生在总叶柄上,对生呈羽毛状,如豌豆、花生、蚕豆)和单身复叶(是三出复叶的变形,其两侧的小叶退化,外形变得很像单叶,但小叶基部有明显的叶痕突出,如柑橘、柚、甜橙等)。

3. 叶的变态　叶是容易变化的器官,变态较多,主要有以下类型:① 苞片和总苞片,生于花下的变态叶,称苞片,其作用是保护花芽和果实。数目多而聚生在花序基部的苞片称为总苞。② 叶刺,如仙人掌类植物肉质茎上的刺、刺槐的刺。③ 叶卷须,如豌豆羽状复叶先端的一些小叶片变成卷须。④ 叶状柄,有些植物的叶片完全退化,而叶柄变为扁平的叶状体代行叶的功能,如我国南方的台湾相思树。⑤ 鳞叶,在藕、荸荠地下茎的节上生有膜质干燥的鳞叶,为退化叶;在洋葱、百合鳞茎上的鳞叶肥厚多汁,含有丰富的贮藏养料。

4. 叶的生长　植物的真叶起源于茎尖基部的叶原基。在茎尖分化成生殖器官之前,可以不断分化出叶原基。叶原基发生于茎尖以下的周围组织中,当叶芽萌发,幼叶叶尖外露后,叶的生长开始。叶有三种生长方式,即顶端生长、边缘生长和居间生长。叶原基经过顶端生长伸长,变为锥形的叶轴,分化出叶柄;经边缘生长形成叶的雏形,再从叶尖开始向叶基部的居间生长后长成一定形态的叶。一张叶片从展开到停止生长需要的时间,随植物种类、品种、着生部位等而有明显差异。

叶的一生经历分化、伸长、功能、衰老四个时期,其中能够制造和输出大量光合产物的时期称为功能期。功能期一般是达到定长至全叶1/2变黄的时期。叶的生长发育受栽培技术和环境条件的影响,其大小、厚度及营养物质的积累水平等,在一定程度上能反映植株的发育状况。各种植物的叶片有一定的相对大小和营养物质含量,因此,常用叶片营养物质含量作为营养诊断的指标。

5. 叶的衰老与脱落　不同植物叶的生存期不同(草本植物的叶当年枯死,而木本植物中的

常绿树的叶可生存一年至几年),叶片从幼年到成年,最后进入衰老阶段。叶的衰老脱落是一个复杂的生理代谢过程,是植物减少蒸腾、渡过寒冷或干旱等不良环境的一种适应。叶的脱落大部分发生在秋末,当冬季来临时,叶柄基部产生离层,叶片脱落。叶在脱落之前叶绿素分解,叶色变黄或发红,同时叶片中的蛋白质、淀粉等营养物质降解为氨基酸、糖类,运入贮藏器官(如种子)。如果在生长季节内因干旱、病虫危害或营养不良等原因使叶提早脱落,则对生长发育有不良影响,所以,保持叶片生长健壮延缓叶片脱落是十分重要的。在生产上,适当的肥水管理、适宜的密度有利于促进叶片生长和延长叶的功能期。

三、生殖器官

(一) 植物的花

花是被子植物重要的生殖器官。营养生长至一定阶段,茎的顶端分生组织不再分化叶原基和腋芽原基,而分化花原基。然后形成花的各个部分,经有性生殖过程,产生果实与种子。花芽原基的形成,花芽各部分的分化与成熟,称为花器官的形成或花芽分化。花芽分化的部位是顶芽或侧芽生长点,具体部位因植物种类而异。例如,大部分果树的花芽是由中、短梢的顶芽或腋芽形成的;番茄、茄子的花芽是由顶芽形成的;瓜类的花芽则是由腋芽发育而来的。禾谷类植物的穗分化过程为:生长锥伸长、穗轴节片或枝梗分化、颖花分化、雌雄蕊分化、生殖细胞减数分裂四分体形成、花粉粒充实。双子叶植物花芽分化过程为:花萼形成、花冠和雌雄蕊形成、花粉母细胞和胚囊母细胞形成、胚囊母细胞和花粉母细胞减数分裂形成四分体、胚囊和花粉粒成熟。植物生殖器官的分化顺序是由外向内分化,直至性细胞成熟。

1. 花的组成与基本结构　双子叶植物的花多为典型花,由花柄、花托、花被(包括花瓣和萼片)、雄蕊群和雌蕊群五部分组成(图2—3)。

花柄是着生花的小枝,花柄的顶端部分为花托。花被着生于花托边缘或外围,有保护和传送花粉的作用。多数植物的花被有内外两轮,外轮多为绿色的花萼,由数个萼片组成;内轮多为鲜艳颜色的花冠,由数片花瓣组成。雄蕊群由一定数目的雄蕊组成,多数植物的雄蕊分化成花药和花丝两部分,花药内产生花粉。雌蕊群是一朵花中一至多枚雌蕊的总称。组成雌蕊的单位称心皮,一枚雌蕊可由一至数个心皮构成,多个心皮可联合或分离。雌蕊一般分为柱头、花柱和子房三部分。柱头位于顶端可接受花粉。花柱连接柱头和子房。子房是雌蕊基部膨大的部分,着生于花托上。子房内有数量不等的子房室,其数目与心皮数相等。子房室内心皮腹缝线或中轴处着生一至数个胚珠,由珠被、珠心、胚囊等组成。成熟的胚囊中有8个核:1个卵细胞、2个助细胞、1个中央细胞(含2个极核)、3个反足细胞。

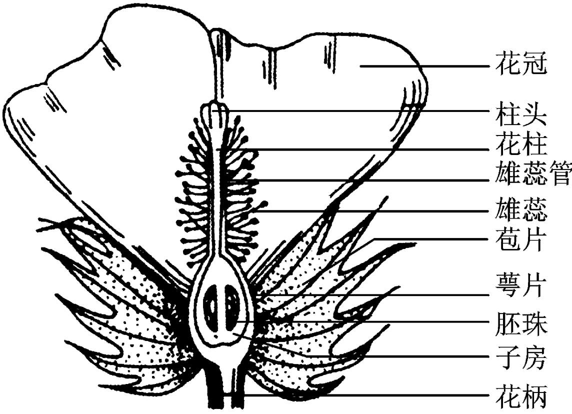


图2—3　棉花的花

单子叶禾谷类植物的花一般较小,称为小花,由外稃、内稃、浆片和花蕊(雄蕊和雌蕊)组成。由一至数朵小花和颖片组成小穗,再由小穗和穗轴组成花序,呈穗状。

2. 花的类型和花序　根据花组成的差异,可以将花分为:① 完全花和不完全花。一朵花中

包含有萼片、花瓣、雄蕊和雌蕊的称完全花;缺少某一部分或几个部分的叫不完全花。② 两性花和单性花。一朵花中既有雄蕊又有雌蕊的花称为两性花;仅有雄蕊或雌蕊的,则分别称雄花或雌花,雄花和雌花都是单性花。雄花和雌花生于同一植株上不同花内的称雌雄同株异花,如玉米、蓖麻、核桃、蔬菜的瓜类等;雄花和雌花生于同一植株上同一花内的称雌雄同花(虽同花但有的作物自交不亲合),如黑麦、白菜型油菜、向日葵、甜菜、甘薯、荞麦、蔬菜的茄果类等。雌花和雄花分别生长在不同植株上,称雌雄异株,如菠菜、猕猴桃、石刁柏、大麻、银杏等。

棉花、玉兰、南瓜等植物的花单个着生在茎上,叫单生花;大多数植物的花是许多朵花依一定的规律着生在花枝上,称之为花序。花序分为无限花序和有限花序两类,这两类花序又可分为若干类型:① 无限花序。其特点为在开花期,花序的花轴(主轴)可继续向上生长、伸长,并不断产生苞片,并在其叶腋内形成花芽,所以也叫单轴花序。开花顺序是花轴基部的花最先开放,然后向顶端依次开放;如果花序轴缩短,各花密集,则花从边缘向中央依次开放。无限花序又可分为下列几种:总状花序(如白菜、油菜、荠菜)、伞形花序(如葱、人参、樱桃)、伞房花序(如梨、苹果)、穗状花序(如车前)、柔荑花序(杨、柳、胡桃的雄花序)、肉穗花序(如玉米的雌花)、头状花序(如三叶草、菊、蒲公英)、隐头花序(如无花果)。以上所述的花序,花轴不分枝,为简单花序。还有些无限花序的花轴分枝,每一分枝相当于上述的一种花序,故称为复合花序,常见的复合花序有:圆锥花序(每一分枝为一总状花序,如丁香、水稻)、复穗状花序(花轴每一分枝为一穗状花序,如小麦)、复伞形花序(每一分枝相当于一伞形花序,如胡萝卜、茴香)、复伞房花序(每一分枝为一伞房花序,如花楸属)。② 有限花序。对应于无限花序还有有限花序,它包括单歧聚伞花序(如唐菖蒲)、二歧聚伞花序(如大叶黄杨、石竹)、多歧聚伞花序(如大戟)。

3. 开花、授粉和受精　开花是花粉粒和胚成熟、花被展开、雌蕊和雄蕊裸露出来的现象。多数植物开花时,成熟的花粉粒可从花粉囊中散放出来并传到柱头上,完成传粉过程。然后花粉管萌发,通过花柱进入子房(胚囊),发生双受精作用,即花粉粒中一个精细胞与卵细胞结合形成胚,一个精细胞与极核结合形成胚乳,从而完成有性过程。

由花粉囊散出的花粉借助于一定的媒介力量被传送到同一花或另一花的柱头,这一过程称为传粉(或授粉)。花粉落到同一朵花的柱头上的过程称自花传粉。有些植物是严格的自花传粉植物,如水稻、小麦、大麦、大豆、豌豆、花生、番茄等。一朵花的花粉落在另一朵花的柱头上的过程称异花传粉,如苎麻、大麻、白菜型油菜、玉米、瓜类等。棉花、高粱、甜椒、蚕豆等植物异交率在5%～40%,属常异交传粉植物。传送花粉的媒介有风、昆虫、水等。由风作媒介传粉的植物叫风媒花植物,如松树、杨柳、核桃、栗等;借助昆虫(蜜蜂、蝶、蛾、蝇等)传送花粉的植物叫虫媒花植物,如油菜、芝麻、果树等大多数被子植物。

(二) 果实与种子

1. 果实的形成与结构　受精后胚珠发育成种子,子房发育成果实。果实由果皮和种子组成,果皮之内包藏种子。果皮可分为外果皮、中果皮和内果皮。在有些植物中三层果皮分层比较明显,如肉质果中的梅、桃等核果类。在仅由子房发育形成的果实中,果皮是由子房壁发育成的,有些植物的花托等结构参加了果皮的形成。果实有真果和假果之分,单纯由子房发育而成的果实,称为真果(如茄科蔬菜和核果类的果实);由花托、花萼和子房等共同发育形成的果实,成为假果(如葫芦科和仁果类的果实)。

果实停止生长后发生一系列生理生化变化的过程为果实的成熟过程。成熟的果实色、香、味

及质地等都发生了一系列的转变。其生物学意义在于种子的传播，而为人类食用的果实，其商品价值也很重要。果实自身产生的乙烯和外源的乙烯都能诱导果实成熟。

2. 种子　植物胚囊内的受精卵产生合子，经球形胚、心形胚、鱼雷胚和成熟胚四个发育阶段，最后形成具有胚根、胚茎、胚芽和折叠子叶的成熟胚，即种仁部分。与胚发育的同时，初生胚乳核细胞增殖发育形成胚乳，珠被发育成种皮。

3. 单性结实　果树、蔬菜中有未经传粉受精而形成果实的现象，叫单性结实。单性结实的果实中常常没有种子，因此又叫无籽结实。葡萄、香蕉、柿等都有这种现象。单性结实有自发单性结实和刺激单性结实两种。

(1) 自发单性结实　是指不经授粉、受精，也不需其他任何刺激，果实即可自行发育的现象，如香蕉、菠萝、无核柿、无核柑橘等，番茄、茄子、黄瓜、辣椒和洋梨有时也有这种现象。自发单性结实形成的果实一般较小，特别是番茄、茄子和辣椒，未经受精的果实小如豆粒，无食用价值。黄瓜自发单性结实的能力很强，保护地栽培中无昆虫传粉也能形成单性果，且商品形状较好。

(2) 刺激单性结实　是指由于花粉或其代替物的刺激而使果实发育的现象，所以也叫被动单性结实。刺激单性结实的原因是花粉中含有激素。用不亲合花粉或无发芽力不育花粉授粉，虽不能达到受精的目的，但可以刺激果实的发育，形成无籽果实。蔬菜栽培中可用异种花粉授粉，例如，番茄×茄子、辣椒×烟草、黄瓜×南瓜等，均可以刺激果实膨大。化学药剂处理可诱导单性结实，某些物理因素也可产生单性结实。

四、植物器官的相关性

植物各器官在生长过程中相互影响的关系，称为相关性。

(一) 地下部分与地上部分

植物的根和茎、叶在营养物质的分配上是互通有无，相互联系的。根供给地上部水分、无机盐，同时根还合成某些有机物质和激素（细胞分裂素）供地上部分需要。而地上部分又为根系提供光合产物和维生素、生长素等生理活性物质。“根深叶茂”、“本固枝荣”就充分反映这种协调的关系。生产中用根冠比（或根苗比）表示地下部分与地上部分之间的关系。根冠比的大小与植物种类和植物的生长时期有关。一般苗期根冠比较大，随着植株的生长，根冠比会逐渐缩小。栽培中可以采取某些技术措施，调节地下部分和地上部的生长，使根冠比趋向合理。例如，大田植物获得壮苗，在苗期进行蹲苗。即在一定时期内控制水分的供应，促进幼苗的根系发生。

(二) 顶端优势

植物的顶芽生长占优势的现象叫顶端优势。植物的主根和侧根也有类似的关系。不同植物的顶端优势有差异。向日葵的顶端优势明显。玉米、高粱的顶端优势较强，一般不产生分枝。顶端优势与农业生产有密切的关系。如棉花的打顶、果树整枝、蔬菜去尖就是解除顶端优势，抑制营养生长，促进生殖生长并能减少蕾铃脱落的措施。

(三) 营养生长与生殖生长

植物营养器官根、茎、叶的生长称为营养生长；生殖器官花、果实、种子的生长称为生殖生长。两者之间既相互依赖，又相互制约。植物一般是先进行营养器官的生长，然后进行生殖器官的生长，营养生长是生殖生长的基础。在果树上，一年中营养生长与生殖生长的先后顺序不明显，二

者往往交替进行,甚至有生殖生长在前的情况,如核果类果树的先花后叶现象。生殖器官的生长一般是消耗营养的,营养器官生长得越健壮,生殖器官的分化与生长也就愈好,生殖器官的绝大部分养分都是由营养器官合成的。应注意搞好植物早期田间管理,促进植株生长健壮,防止营养器官的早衰,为开花结果打下良好的基础。但营养生长过旺,则茎叶徒长,消耗大量的养分,生殖器官因得不到足够的养分,致使禾谷类植物贪青晚熟,空瘪粒增多并容易发生倒伏。棉花、果树等植物会发生大量落花、落果、贪青晚熟。因此增施磷、钾肥,合理施用氮肥和控制水分的供应,有利于生殖器官的生长。当生殖器官生长过旺时,养分会大量分配在花、果上,容易引起植株早衰。如果树不断摘除花果,就可延长营养器官的生长,延迟衰老和死亡。以营养器官为主要收获物的植物,如麻类、烟草和叶菜类蔬菜等,需要促进营养器官的生长,抑制生殖器官的形成和生长。生产上常常通过供给充足的水分和增施氮肥,加大种植密度、摘除花芽等措施来促进营养器官的生长。

第三节　植物生产的群体特性

一、植物群体和群落

(一) 植物群体概念及其特点

1. 植物群体的概念　植物生产是以群体为对象进行种植管理的。植物群体是指同种植物的许多个体的聚集体。虽然植物群体是由个体所组成,但不是单纯个体的简单相加,具有独特的特征,是一个有机的整体,如适宜群体下的果树、蔬菜坐果率高,抵抗低温、霜冻、风灾等自然灾害的能力强。从植物生产经营管理角度将具有一定群体数量和规模的植物生产才能适应产业化需要。在植物生产上,必须根据植物群体与个体及群体中个体与个体之间的相互关系,采取有效的农业技术措施,调控群体发展过程,提高群体的光合作用与物质生产能力。

2. 植物群体的特点　植物群体具有自身新的特点,特别是具有自身结构和特性以及生理调节功能等。

(1) 群体结构特性及自动调节功能　群体结构是指群体内的个体数量、空间分布和动态变化。为了便于管理,栽培植物群体中的个体分布多是规则分布,行距比较规范,有大小行和等行距种植两种,株距均匀一致,给人以美感。栽培植物群体中随机、块状或成群分布很少见。群体的初始密度、个体分布、栽植时期和田间管理,对群体结构具有重要影响。不同环境条件,不同植物种类和品种要求的群体结构不同。例如果树栽植密度小(750～1 600 株/hm^2)、行株距大、占据空间大。大田作物和蔬菜往往初始密度大、行株距小、植株矮小,就初始密度而言也有密植和稀植之分,如适宜密植的小麦、水稻,种植密度多在 150 万株/hm^2 以上。适宜稀植的棉花,在山东的栽植密度 4～6 万株/hm^2 以上,而新疆的棉花可达 20 万株/hm^2。玉米往往在 6 万株/hm^2 左右。

对于有分蘖特性的作物如禾本科植物中的小麦、水稻、某些饲用玉米,初始密度对分蘖和群体动态变化具有重要影响,如同一稻麦品种,同时播种的植株,在其他条件一致的情况下,在密度

较大的群体中,其分蘖数目会较早达到高峰,且分蘖高峰维持时间较短;相反,在密度较小的群体中,分蘖数目的高峰到达的时间较晚,分蘖高峰维持的时间较长。这说明分蘖的消长不仅是植株个体特性的表现,而且还与群体的大小有关。群体所表现的这一特性,不是个体特性简单相加所能表达的。

常用增长率来描述群体数量的变化,增长率是指单位时间内种群数量增加的百分数。环境条件、生长发育时期,雌雄花的比例等,是影响增长率的主要因素。尽管在植物生长发育过程中,群体结构是不断变化的,但最终的群体数量往往保持在一定的范围或水平上,即环境对群体有一定的容纳量,这就称为群体数量的相对稳定性。不同的植物其相对稳定性的表现不同,有极不稳定、稳定和中间类型之分。如无论初始密度如何,多穗型小麦品种的穗数总是在600 万/hm^2 左右波动。对于个体较大、群体较小的果树,在遭受严重的冻害后,则很难恢复,群体的稳定性相对较差。

(2) 个体与群体　群体的结构和特性是由个体数及个体生育状况决定的,而个体的生育状况又反映出群体的影响。这是因为群体内部诸如温度、光照、CO_2、湿度、风速等环境因素,是随着个体数目而变化。群体内部的环境因素又反过来影响单株数目和生长发育。在其他因素相同条件下,往往是群体个体数目少的群体,个体生长健壮;个体数量多的群体,往往个体弱。个体数目适宜、密度合理的群体,群体质量高,生产能力强。以棉花为例,随着单位面积上种植密度的增加,通风透光条件变差,相对湿度增加等。环境条件的这些变化,又反过来限制了个体的生长发育,如分枝数目减少,叶面气孔变少,棉株中下部叶片变黄甚至枯死等,从而使个体削弱和数目减少。说明群体中的个体不能超过环境的容纳量,否则个体生长就会削弱,生产中必须合理密植。在多年生果树生产中,通过修剪建立合理的树体结构,才能使群体结构合理;同样,也只有群体大小适宜,才能为个体结构的合理提供保证。

(3) 个体与个体　从理论上讲,群体中个体之间存在有利关系、竞争关系和无关系三种。当群体中个体非常少、个体间空间距离足够大时,个体间相互作用小或无作用。在正常情况下,群体中每个个体不可能单独占有自身周围的环境,必须共享。这样,必然会发生群体中的个体对环境条件(光、温、水、肥、空间等)的相互争夺。当个体生长非常不一致时,争夺的结果必然会加剧个体间获得量的差异,从而使个体之间生长发育的更加不平衡,部分较弱个体生育受到抑制,甚至成为无效个体,在此情况下,对产量和品质不利,生产中往往采取措施来保持个体均匀一致。群体中植株个体间存在种内竞争是一普遍现象,存在适度的竞争是植物群体生产的需要,有人称为竞争生产原理(competitive production principle)。

植物群体中群体与个体的关系,实质上是群体数量与群体质量的关系。只有数量足、个体质量好的群体,才是高效的植物群体。因此,在栽培植物时,一定要合理密植,协调好个体与群体、群体内个体与个体之间的关系,使群体不过大,个体发育健壮。

(二) 植物群落的概念及其特点

在实际生产上,往往在一块土地或地域内同时栽培两种或多种植物,即构成植物生产复合群体,如间作、套种等,这是群落生态在植物生产上的应用。

1. 植物群落的概念　植物群落是指生存于特定区域或生境内的各种植物种群的集合体,也可以用来指各种不同大小及自然特征的植物体的集合,如一块农田、一片草地、一片森林等,这种集合虽然结构松散,但却因其组成的植物种类及其某些结构特征而出现一些与种群不同的特征。

生长在一起的各种植物，一方面受着环境条件的影响，同时又作为一个整体影响并改造着环境，形成了植物群落与环境的统一体。在群落内部植物种群之间，发生着各种正的和负的相互作用，形成了一种相互协调的关系，使得群落中各植物个体及种群成为一种有规律的组合。群落不是植物种群随意的散布和拼凑，而是生长在特定空间区域或生境里的若干植物种群彼此影响和相互作用有规律地组合在一起的有序结构单元。

2. 植物群落的基本特征　群落具有如下特征：

① 具有一定的种类组成；② 具有一定的外貌；③ 具有一定的结构；④ 具有一定的动态特征；⑤ 不同植物之间存在相互影响；⑥ 形成一定群落环境；⑦ 具有一定的分布范围；⑧ 具有特定的群落边界特征。

二、植物群体结构与指标

植物群体结构主要指群体的组成、大小、分布、长相、动态变化以及整齐度等，与产量和品质有密切关系，既反映群体的特性，又是影响个体生长发育状况的主要因素。

(一) 植物群体组成

植物群体组成是指构成群体的植物种类以及主茎与分枝(蘖)的比例和分布情况。同一植物组成的群体叫单一群体，不同种或品种(尤指生育期不同的品种或株高差异大的品种)组成的群体，叫做复合群体，如间作、套作、混作的群体。

(二) 群体大小

植物群体大小的衡量指标有密度、干物质积累量、茎蘖(枝)数、叶面积指数、穗(铃、角、荚)数、根系数量等。

(三) 群体分布

群体分布是指群体内个体以及个体各个器官在群体中的时空分布和配置。

1. 时间分布　是指随着生育进程的群体发展状况，实际上就是群体动态变化。例如棉花的“四桃”，即伏前桃、伏桃、早秋桃、晚秋桃就是按时间分布来划分的。这一指标一方面反应群体结构的动态发展，另一方面从这种动态发展与生育进程的同步性与否，可反映群体与个体间的关系。复合群体的时间分布与配置还指植物间共生期的长短等。

2. 垂直分布　一般可分为光合层、支持层和吸收层三个层次。① 光合层。是群体生产的主体，应该得到相应的扩展，才能积累大量有机物质，形成生物产量和经济产量。光合层主要涉及叶面积系数、叶片的空间配置、叶片光合作用的特性及功能。② 支持层。主体是茎秆，其功能是支持光合层，使叶片能有序地排列在空间，扩大中层空间，使空间内部有良好的光照和通风条件。它涉及植物高矮、节间长短和稀密、叶序的排列等。③ 吸收层。指植物的根系。

在植物的生长发育过程中，要使这三个层次能达到协调、均衡的发展，以保证最佳的产量形成。除了垂直分布中的根、茎、叶三个主要器官外，还有一个最重要产品器官。它在不同植物中的分布是不一样的，也可能是根、茎、叶的一部分，但较多的是生殖器官的花、果实和种子。它的分布可能在垂直面的上部，也可能在中部或下部。生产上，要协调发展光合层、支持层和吸收层，其最终目的是使产品器官获得最大的发展，以达到高产的目的。

3. 水平分布　主要指个体分布的均匀度、整齐度、株行距、套作的预留行宽度等。栽培管理

上应该保证个体在土地上分布均匀,保证水平分布的合理与得当,可减少植物个体间对光能、水分、养分的竞争,并能改善通风透光条件,从而提高群体光能利用率和产量水平。

(四) 植物高产群体的特点

植物高产群体的特点主要有:① 产量构成因素协调发展,有利于保穗(果)增粒增重。② 主茎和分枝(蘖)间协调进展,有利于塑造良好的株型,减少无效枝(蘖)的消耗。③ 群体与个体、个体与个体、个体内部器官之间协调发展。④ 生育进程与生长中心转移、生产中心(光合器官)更替、叶面积指数(LAI)、茎蘖枝消长动态等诸进程合理一致。⑤ 叶层受光态势好,功能期稳定,光合效能大,物质积累多,转运效率高。

(五) 源、库、流理论

1. 基本概念　在近代植物栽培生理研究中,常用源、库、流的理论来阐明植物产量形成的规律。从产量形成的角度看,"源"就是指光合产物供给源或代谢源,是制造和提供养料的器官,主要指植物茎、叶为主体的全部营养器官。"库"指光合产物贮藏库或代谢库,主要指产品器官的容积及其接纳养料的能力,也就是接纳或最后贮藏养料的器官,如子粒、花果、幼叶、根系等。植物接纳养料的库可以不止一个,可区分为主库与次库。"流"则指植物体内输导系统的发育状况及其运转速率。

源是产量库形成和充实的重要物质基础。在一般情况下,源大即光合作用面积大、光合能力强、光合时间长、光合产物消耗少,加上光合产物积累和运转至收获产品的比例高(库大、流畅),产量就高。要争取单位面积上有较大的库容能力,就必须从强化源的供给能力入手。

库的大小与植物产量密切相关。以水稻为例,其产量库容的大小取决于单位面积的穗数、每穗颖花数、谷壳容积。不少研究表明,库不单纯是贮藏和消耗养料的器官,同时对源的大小,特别是对源的光合活性具有明显的反馈作用。这种库对源的主动作用,其生理实质就是库对同化产物源具有较强的竞争能力。一般生长旺盛、代谢活跃的器官,竞争力较强,而且这些器官往往也是生长素、细胞分裂素等生长物质分布和含量较多的部位。因此,在高产栽培中,适当增大库源比,对增强源的活性和促进干物质的积累均具有重要的作用。

植物叶片光合作用形成的产物,大部分运往植株的其他器官,完成相应的生长发育或贮存。从叶片制造有机物到有机物的消耗或贮藏间,有一个有机物的运输和分配过程,这一过程靠叶、鞘、茎中的维管系统来完成。因此,这些微管系统发育是否良好、连接源和库的微管系统的长度影响着同化物的运输速度和质量,也影响着同化物向不同库的分配。

2. 源、流、库之间的关系　许多研究表明,库、源的大小及其活性对流的方向、速率、数量都有明显影响,起着"拉力"和"推力"的作用。据凌启鸿等(1982)研究,采用剪叶、疏茎、整穗处理所造成的不同粒叶比,对稻株光合产物分配状况有明显影响。相对于叶片的库容量越大,即粒叶比越高,叶片光合产物输向穗部的越多,而滞留在叶片和茎鞘中的较少;当粒叶比减小,光合产物分配到穗部相对减少,滞留在茎鞘中的增多。另据 Wardlaw(1965)试验,当摘除小麦穗子的 2/3 子粒时,标记的同化产物在剑叶的运输速度和运输量都不变,但当同化产物到达茎以后,在茎中向上运输到穗的速度至少比完整穗存在时减慢 1/3,同时发现标记的同化产物在根中积累增加。可见,库的多少对流量、流速及流向都有明显的影响。

新生的幼嫩器官和代谢旺盛的器官,一般来说竞争力较强,同化物分配得较多。库离源的距离越近,同化物也分配得越多。例如,小麦灌浆成熟期间,旗叶和它的下一叶是穗部同化物的主

要供应者 植株基部的叶片,则为根和新生分蘖提供同化物。但如果剪除旗叶,则下部叶片对穗部供应同化物相对增多 如果把下部叶片遮光,则可促进旗叶同化物更多的输向根部。棉花、大豆等腋生花序植物,主要是靠各侧叶供应其相应叶腋间花序所需的同化物。但如果对向棉桃供应的那片叶遮光,该棉桃就会从另一片受光的幼叶中夺取养分,从而导致该幼叶叶腋里的幼铃脱落。可见,库的吸力大小或库的优势,是决定同化物分配的关键。

根据这些规律,在栽培上即可设法调节和改善同化物分配方向和数量。例如稻、麦等植物分蘖的促控,拔节孕穗肥的施用,棉花整枝、打杈、摘心,以及矮壮素等生长调节剂在多种植物上的应用等,都能影响植物生长中心和代谢方式的转移,控制茎、叶徒长,促进同化产物向收获贮藏器官的分配,从而提高产量和品质。

第四节　植物产品及其形成

一、植物产品及其类型

人们种植植物的目的是获得对人们有益的产品,根据栽培目的而收获的部分植物器官,成为植物的主产品,其他部分则称为副产品。例如,人们种植小麦的目的是获得小麦子粒,则子粒是小麦的主产品,而小麦的茎秆则是副产品。根据栽培目的不同,就整个栽培植物而言,每个器官都可能成为主产品,据此可将植物产品类型分为以下几种类型：

(1) 子粒类　如麦类、玉米、稻类、花生、油菜、食用豆类、向日葵、蓖麻等。

(2) 果实类　如苹果、桃、梨、杏、枣、山楂、番茄、黄瓜、西瓜、茄子、辣椒等。

(3) 茎秆类　如甘蔗、麻类、　柏、竹笋、茭白、莴苣等。

(4) 叶片类　如茶叶、叶菜类蔬菜、烟草等。

(5) 块根类　如甘薯、山药等。

(6) 块茎类　马铃薯、菊芋等。

(7) 根状茎　生姜、莲藕等。

(8) 球状茎　荸荠、慈姑、芋等。

(9) 鳞茎类　大蒜、洋葱、百合等。

(10) 花器类　如花椰菜、金针菜等。

(11) 子粒表皮类　如棉花等。

(12) 植物体全部　如饲料、绿肥植物。

对于特殊用途的栽培植物如树脂和橡胶植物,收获的产品是其分泌流出的汁液。香料植物的产品是其特殊的分泌腺体的分泌物。观赏植物的产品可能是整个植株,也可能是芽器官。

二、产量及其构成因素

植物栽培的目的是获得较多的有经济价值的农产品。通常把植物的产量分为生物产量和经

济产量两种。

（一） 生物产量

植物利用太阳光能，通过光合作用，同化二氧化碳、水和无机物质，进行物质和能量的转化和积累，形成各种各样的有机物质。植物在整个生育期间生产和积累有机物的总量，即整个植株（一般不包括非栽培目的的根系）的干物质全量称为生物产量。组成植物体的全部干物质中，有机物质占总干物质的90%～95%，其余为矿物质。因此，光合作用形成的有机物质的生产和积累是植物产量形成的主要物质基础。

（二） 经济产量

经济产量是指单位面积上所获得的有经济价值的主产品数量，也就是生产上所说的产量。由于人们栽培目的所需要的主产品不同，不同植物所提供的产品器官也各不相同。如禾谷类、豆类和油料植物的主产品是子粒；薯类植物的产品是块根或块茎；棉花是种子上的纤维；黄红麻为茎秆的韧皮纤维；甘蔗为蔗茎；萝卜、胡萝卜、甜菜为肉质根；绿叶菜、烟草和茶叶是它们的叶片；果树、茄果类、瓜果类等产品是果实，绿肥饲料植物是全部茎叶；果树是果实。同一植物因利用目的的不同，产量概念也随之变化。如纤维用亚麻，产量是指麻皮；而油用亚麻，产量是指种子。玉米作为粮食植物时，其产量是指子粒；作为饲料植物时，其产量包括叶、茎、果穗等全部有机物质。

（三） 经济系数

一般情况下，植物的经济产量仅是生物产量的一部分。在一定的生物产量中，能获得多高的经济产量，要看生物产量转化为经济产量的效率，这种转化效率称为经济系数或收获指数，即经济产量与生物产量的比率。在正常情况下，经济产量的高低与生物产量成正比，尤其是收获茎叶为目的的植物。收获指数是综合反应植物品种特性和栽培技术水平的一个通用指标。

不同类型植物的经济系数差异较大（表2－2），与这些植物所收获的产品器官及其化学成分有关。一般以营养器官为主产品的植物（如薯类、烟草等），形成主产品的过程比较简单，经济系数较高。凡是以生殖器官特别是禾谷类、豆类、油菜籽等以子粒为主产品的植物，经济系数较低。同样是收获种子的植物，主产品的化学成分不同，其经济系数也不一样。产品以糖类为主的，在形成过程中消耗的能量较少，而产品以蛋白质和脂肪为主的，在形成过程中消耗的能量较多。因而大豆、油菜的经济系数都较禾谷类植物为低，一般只有0.3～0.4。蔬菜、果树的种类及栽培技术对经济系数的影响较大。

表2－2　不同植物的经济系数

植物	经济系数	植物	经济系数
水稻、小麦	0.35～0.5	大豆	0.25～0.35
玉米	0.3～0.5	籽棉	0.35～0.4
薯类	0.7～0.85	皮棉	0.13～0.16
甜菜	0.6	烟草	0.6～0.7
油菜	0.28	叶菜类	1.0

（四） 产量构成因素及其形成

1. 产量构成因素　植物产量是指单位土地面积上植物群体的产量，即由单位面积的个体产量或产品器官数量所构成。植物产量可以分解为几个构成因素，并依植物种类而异（表2－3）。

田间测产时，只要测得各构成因素的平均值，便可计算出理论产量。由于该方法易于操作，在植物栽培及育种工作中一直在广泛采用。

2. 产量形成的特点　植物的产量构成因素是在植物整个生长发育期内随着生育进程依次而重叠形成的（表2－3）。不同植物由于收获的产品器官不同，因此可把植物产量的形成归纳为两个类型。

表2—3　栽培植物的产量构成因素

植物种类	代表植物	产量构成因素
禾谷类	稻、麦、玉米、高粱	穗数、每穗结实粒数、粒重
豆类	大豆、蚕豆、豌豆、绿豆	株数、每株有效分枝数、每分枝荚数、每荚结实粒数、粒重
薯类	山芋、马铃薯	株数、每株薯块数、单薯重
花生	花生	株数、每株有效荚果数、荚果重量、出仁率
棉花	棉花	株数、每株有效铃数、单铃籽棉重、衣分
韧皮纤维植物	苎麻、红麻、亚麻、大麻	有效茎数、单株鲜茎或鲜皮重量、出麻率
油菜	油菜	株数、每株有效分枝数、每分枝角果数、每角果粒数、粒重
甘蔗	甘蔗	有效茎数、单茎重
烟草	烟草	株数、每株叶数、单叶重
绿肥植物	苜蓿、紫云英、苕子	株数、单株鲜重
果树	苹果、梨、桃、杏等	株数、每株果数、单果重
果菜类蔬菜	黄瓜、茄子、辣椒等	株数、单株果数、单果重
叶菜类、茎菜类蔬菜	如白菜、甘蓝、芹菜	株数、单株产量

(1) 以收获营养器官为目的的植物　麻类植物、烟草、茶叶、叶菜类和饲料植物，收获产品是茎、叶。主要在营养生长期收获。栽培管理技术相对比较简单，不需协调营养生长与生殖生长的矛盾。特别是绿肥饲料植物，以争取最大生物产量为主要目标。烟草、叶菜类、麻类植物在生育前中期，应采用合理密度、水肥管理等各项栽培措施，促使营养器官迅速而均匀的生长，同时必须考虑品质的形成。

薯类植物以地下部肥大的薯块（块根或块茎）作为栽培的主要收获物。薯块的形成与膨大，主要依靠茎的髓部和根的中柱部分形成层活动产生大量薄壁细胞，随着薄壁细胞体积增大和细胞中积贮营养物质，根、茎体积随之膨大增粗。薯块形成的迟早、数量多少、形成后膨大持续期长短与速度等，直接决定着薯块产量的形成过程及最终产量。薯类植物产品器官形成期长，如长江中下游春、夏甘薯生育期为5～6个月，其中块根膨大期约为4～5个月。在产量形成过程中需要经过比较明显的光合器官的形成、贮藏器官的分化和膨大等时期，而且要求前期有较大的光合同化系统，才能有适宜的贮藏器官分化及有利贮藏器官膨大的基础，最终获得理想的产量。处理好地上部和地下部生长的关系，是此类作物高产优质的关键。

(2) 以收获种子为目的的植物

① 禾谷类植物　这类植物产量构成因素的形成需要经历完整的生育前期、中期和后期三个阶段，各产量构成因素在生育进程中又依次重叠完成。产量构成因素按穗数、每穗粒数和粒重顺序完成，而穗数形成和粒数形成又是重叠进行的。总的来说，穗数的形成从播种开始，分蘖期是决定阶段，拔节、孕穗期是巩固阶段。每穗粒数的多少取决于分化小花数、退化小花数、可孕小花

数的受精率及结实率四个因素。每穗粒数的形成开始于分蘖期,决定于幼穗分化期至抽穗期以及扬花、受精结实过程的形成。粒重取决于子粒容积以及充实度,主要决定时期是受精结实、果实发育成熟时期。

② 双子叶植物　不同植物的产量构成因素不同,其形成过程也各有特点。一般而言,单位面积的果数(如棉花铃数、油菜角果数、花生、大豆的荚数)取决于密度和单株成果数。因此,自播种出苗(或育苗移栽)就已开始形成这一产量构成因素,中后期开花受精过程是决定阶段,果实发育期是巩固阶段。每果种子数开始于花芽分化,决定于果实发育。粒重(衣分、油分)决定于果实种子发育时期。这类植物在产量因素的形成过程中常常是分化的花芽数多,结果少,或分化的胚珠数多,结籽少,或子粒充实度不够,饱粒少,千粒重低。其中大豆、棉花、蓖麻、花生是一种类型,它们的花果在植株上下各部都有(花生主要在下部),都是边开花结果,边进行营养器官生长,营养生长与生殖生长的矛盾比较突出,容易发生蕾花果的脱落(花生则是果针能否入土和发育饱满的问题),结果数是影响产量的主要因素。另一类植物如向日葵、红花、油菜、芝麻、亚麻等,它们的果实着生在植株顶部或上部(芝麻),在营养生长基本结束或结束之后(芝麻还有小部分营养生长)才开花结实,先开的花较易结实,后开的花常因环境不适或植株衰老而不能结实。先结的果实中结籽率高低常成为影响产量的主要因素。

(五) 产量因素间的相互关系

1. 产量因素的相互制约　各产量构成因素的数值愈大,产量则愈高。但生产实践上这些因素很难同步增长,在一定的栽培条件下,它们之间有一定的相互制约的关系,存在着一定的矛盾。例如禾谷类植物,在单位面积上穗数增至一定程度以后,每穗粒数就有减少的趋势,粒重也会有所降低。又如油菜、大豆等分枝型植物,当单位面积上株数增至一定程度后,则每株荚数(每株有效分枝数×每分枝荚数)、每荚粒数,都会有不同程度的减少。棉花单产等于每 hm^2 株数×每株铃数×单铃籽棉重×衣分组成。每 hm^2 株数多,每株着生铃数就相对减少,铃重也有下降的趋势;相反,当每 hm^2 株数减少,单株着生铃数就相对增多,铃重也会出现增大的趋势。

产量构成因素之间的相互制约关系,主要是由于光合产物的分配和竞争而产生的。由于植物的群体是由个体组成,当单位面积上密度增加后,各个体所占的营养面积及空间就相应减少,个体的生物产量就有所削弱,因此表现出每穗粒数(或荚数)等器官的生长发育也受到制约。密度增大,个体变小是普遍现象。但个体变小并不是最后产量就低。当单位面积上穗数(株数)的增加能弥补并超过每穗粒数(每株荚数)减少的损失,仍表现增产;反之就表现为减产。

2. 产量因素的相互补偿　植物产品器官间的相互制约作用是普遍存在的,而自动调节和补偿功能则是指后期形成的产量构成因素在一定程度上,自动补偿前期所形成的产量因素,起到相应的调节作用。这种补偿能力是陆续在生育的中、后期表现出来,并随着个体发育而降低的。植物种类不同,其补偿能力也有差异。主茎生长优势或分蘖分枝能力较弱的植物(如玉米、高粱、单秆型芝麻等)的补偿作用较弱,分蘖或分枝能力较强的植物(如水稻、棉花等)的补偿能力较强。

水稻、小麦等植物基本苗不足或播种密度低,可通过大量发生分蘖和形成较多的穗数来补偿;穗数不足,每穗粒数和粒重的增加,也可略为补偿。但生长前期的补偿作用往往大于生长后期。补偿程度则取决于种或品种的差异以及生长环境条件不同。一般分蘖习性能调节和维持田间一定的群体和穗数;每穗子粒数可以调节和补偿穗数的不足;粒重也有一定变动幅度,如果每穗粒数减少,则粒重就会相对增加。

(六) 产量形成的生理基础

植物产量的形成是植物整个生育期内利用光合器官把太阳能转化为化学能,把无机物转化为有机物,最后转化为具有经济价值即收获产品的过程。因此,光合作用是产量形成的生理基础。光合作用与生物产量、经济产量的关系式如下:

生物产量=光合面积×光合强度×光合时间-消耗(呼吸、脱落等)

经济产量=生物产量×经济系数

从上式可以发现,适当增加光合面积(如合理密植、间作、套种等)、提高光合强度(如选育高光效品种、培育壮苗等)、延长光合时间(如防落叶早衰、保护地栽培等)、减少消耗(如抑制光呼吸、防止脱落等)是提高生物产量的有效途径。如再能提高经济系数(如协调营养生长和生殖生长的关系等),就能增加经济产量。

1. 光合面积　光合面积是指植物上所有的绿色面积,包括所有具有叶绿体、能进行光合作用的各个部位(包括禾谷类的幼嫩的茎、叶片、叶鞘、颖片;豆科植物包括幼嫩的茎、叶、枝、豆荚;棉花的叶、嫩茎、苞叶、花瓣、蕾和幼铃等),但主要是叶面积,它与产量关系十分密切,又是最易控制的一个因素。

2. 光合强度　光合强度也称光合速率,是指单位时间内单位叶面积吸收、同化二氧化碳的毫克数(CO_2 $mg \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$)。不同植物之间的光合强度有一定差异。如玉米为60 $mg \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$,甘蔗为49 $mg \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$,麦类、烟草为20 $mg \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$左右。同一植物的种和品种间也有差别。如某些野生棉的光合强度明显高于栽培种。鸡脚棉型的棉花光合强度则明显高于普通品种。

影响光合强度的环境因素主要有光照度、温度、CO_2 浓度、水分和营养条件等。

3. 光合时间　植物的有效光合时间与植物生育期长短、光照时数、太阳辐射强度及叶片有效功能期长短有密切关系。

在一个地区内,一般选用生长期较长(较晚熟)的品种,充分利用生长期,采用早播、早栽、早管、促进早发等措施,其产量明显高于早熟品种。我国新疆棉区由于阴雨天较少,生长季内光照时数多,太阳辐射强度高,并能较充分利用光能,所以增产潜力很大,成为发展长绒棉和陆地棉的基地。各种植物的叶片生长都有其一定寿命,在一定时间后,叶片光合强度随之下降,叶片变黄进入衰老时期,甚至脱落。若能防止和延缓叶片衰老,延长有效功能期,可明显增加光合产物的积累。

4. 光合产物的消耗　主要包括呼吸消耗、器官脱落和病虫危害等,对光合产物的累积不利,因此,在生产上应尽量减少消耗。其中呼吸作用约消耗光合产物的30%左右或更多,但同时又提供维持生命活动和生长所需要的能量及中间产物,因而,正常的呼吸作用是必要的。C_3 植物光呼吸的存在,增加了呼吸消耗特别是在 CO_2 浓度较低、光照较强时,光呼吸旺盛。不良环境条件,如高温、干旱、病菌侵染、虫食等都会造成呼吸增强,超过生理需要而过多消耗光合产物。温度是影响呼吸消耗的最主要因素,一般温度高,呼吸加速,消耗增多,尤其是夜温偏高时,呼吸消耗更多。干旱和郁闭条件也增加呼吸消耗。某些器官不必要的脱落和病虫害,对产量的损失是不言而喻的。

(七) 提高植物产量的途径

1. 植物产量现状和潜力　提高植物对太阳能的利用率是农业生产上各种增产措施的主要目的。国内外学者从不同角度,根据光能利用的基本理论,提出植物增产的潜力还是很大的。

据 FAO 出版的资料,1988—1990 年世界谷物单产平均为 2 638 kg/hm²,光能利用率平均为 0.3%左右。目前我国的光能利用率在 0.5%左右。据中国农业大学报道,在北京地区小麦、玉米两熟每 667 m² 产量 836.5 kg 时,光能利用率为 1.02%,玉米短期的光能利用率可达 5.3%。高亮之认为,把光能利用率由现实的 1.5%～2%提高到 2.7%～3.8%,水稻理论产量每 667 m² 在 1 000 kg 以上。而我国目前耕地的全年太阳能平均利用率为有效辐射能的 0.4%,仅达到最高利用率的 1/30。

2. 提高光能利用率的途径

(1) 选育高光合效率的品种　从提高光合效率的角度培育超高产品种,选择目标很复杂。因为具有高光合效率的植物群体,不仅整株的碳素同化能力强,更重要的是群体水平上的碳素同化能力强。这些光合性状的表现,涉及形态、解剖结构、生理生化代谢以及酶系统等各个层次。

(2) 提高植物群体的光能截获量　提高植物群体的光能截获量主要是提高群体叶面积指数(LAI)和叶面积持续时间(LAD)。植物群体叶面积一生中需保持最适宜的叶面积系数,低于最适宜值,即光能未充分利用;高于最适宜值,群体过大,植株徒长,郁闭加重,小麦会出现倒伏,棉花、大豆出现落蕾落花落果等现象。一般要求前期叶面积增长速度要快而稳,最大叶面积系数要适宜,高峰期持续的时间较长,叶面积衰退缓慢。例如,高产优质棉花群体中叶面积系数的消长动态大致是现蕾期为 0.2,初花期为 2 左右。盛花期达高峰 3.5 左右,不宜超过 4,并持续一个月左右的时间,吐絮期 2.5 左右。要求在最大叶面积指数时既不漏光,又要保证最下部有高于光补偿点的光强。

(3) 降低呼吸消耗　通过环境调控,防止逆境引起的呼吸过旺,减少光合产物损耗,是提高光合生产力的途径之一。

(4) 改善栽培环境和栽培技术　植物的环境有两种,一是自然环境,包括气候、地形、土壤、生物、水文等因子,难以在大范围内加以控制;另一种是栽培环境,指不同程度人工控制和调节而发生改变的环境,即植物生长的小环境。植物产量潜力是由自身的遗传特性、生物学特性、生理生化过程等内在因素决定的,产量的表现受外部环境物质能量输入和作用效率所制约。

① 复种与间作套种　通过改一熟制为多熟制或再生稻等种植方式,采用间作套种的复合群体,既可以相对延长光合时间,有效地利用全年的太阳能,又能使得单位时间和单位面积上增加对太阳能的吸收量,减少反射、透射和漏射的损失。

② 合理密植　使生长前期叶面积迅速扩大,生长中后期达到最适叶面积指数,并且持续时间长,后期叶面积指数缓慢下降,增大农田吸收太阳能的叶面积,保持较高的光合速率,提高大田光合产物的总量。

③ 培育优良株型的群体　通过合理的栽培,特别是延缓型或抑制型植物生长调节剂的使用,能够在某种程度上改善植物的株型和叶型,形成田间植物群体的最佳多层立体配置,造成群体中上、下层次都有较好的光照条件。如棉花在旺盛生长期使用多效唑或缩节胺对于调控株型、协调营养生长与生殖生长的矛盾十分有效。

④ 改善水肥条件　改善农田水肥条件,培育健壮的植物群体,增强植株的光合能力。

⑤ 增加田间 CO_2 浓度　在大田生产中要注意合理密植及适宜的行向和行距,改善通风透光条件,促使空气中 CO_2 不断补偿到群体内部,有利于增强光合作用。另外,在土壤中适当增施有机肥,当有机肥分解时也会放出 CO_2。在温室和塑料大棚中施用 CO_2(如干冰)可显著提高产量。

目前，在滴灌水中加入CO_2，增施有机肥，施用碳酸氢铵等，均可增加土壤CO_2释放量，使近地面空气层的CO_2浓度升高。

⑥ 使用植物生长调节剂　矮壮素、缩节胺、多效唑等植物生长延缓剂不仅可有效防止植株徒长，在培育壮苗，提高植株光合能力等方面也具有很好的作用。萘乙酸等植物生长促进剂，在水稻、小麦等植物的开花末期或灌浆初期喷施，可显著调节光合产物的分配方向，达到增加粒数、千粒重和产量的作用。在植物生长的不同时期，合理使用植物生长调节剂，是当前生产上实现高产优质的重要措施之一。

三、产品品质及其评价指标

(一) 植物产品品质的概念

植物的品质是指收获目标产品达到某种用途要求的适合度。长期以来，人们重视产品产量，对质量重视不够。

植物产品种类和用途的不同，人们对它们的品质要求也各异。一般而言，同一植物也会因产品用途不同，对品质的要求也不同。如大麦作为饲料植物栽培时，要求蛋白质含量高，淀粉含量低；而作为啤酒大麦栽培时，则要求淀粉含量高，蛋白质含量低。又如，大豆子粒用于榨油时，要求脂肪含量高；用于做豆腐时要求蛋白质含量高。再如，油菜籽油作为工业用油时，要求芥酸含量高；但作为食用油时，由于芥酸对身体有害，要求芥酸含量必须低。

随着市场经济的发展，有时人们根据各自的经济利益，也会制定不同的质量标准。例如，同样是小麦子粒，种植者追求的是子粒饱满，整齐度好，容重大等外观品质；面粉厂家则要求的是子粒出粉率高、易磨等物理品质；而消费者则希望口感好等食用品质和营养丰富等营养品质。再如，同样是大豆子粒，农户追求的是子粒光亮、饱满、淡脐等外观品质；豆腐作坊要求的是出豆腐率高，榨油厂要求的是出油率高等加工品质。

实际上，植物品质的优劣是相对的，它随着人类的需要、科学技术的进步和社会的发展等而发生变化。例如小麦的品质与加工产品有关，在不考虑加工产品时，其品质主要根据子粒的容重划分，但要加工制作面包时，要求用强筋小麦（角质率不低于70%）；制作蛋糕和酥性饼干等食品时则要求用弱筋小麦（粉质率不低于70%）。随着人们生活水平的提高，植物产品的保健作用将会引起重视。因此植物品质的评价标准也是相对的，不可能用统一的标准去衡量种类繁多、用途各异的各种植物。

1. 食用品质　植物的食用品质是指蒸煮、口感和食味等的特性。例如，稻谷加工后的精米，大约90%的内含物是淀粉，因此大米的食用品质很大程度上决定于淀粉的理化性状，如直链淀粉含量、糊化温度、胶稠度、胀性和香味等。又如，小麦子粒中含有的面筋是麦谷蛋白和麦醇蛋白吸水膨胀后形成的凝胶体，小麦面团因有面筋而能拉长延伸，发酵后加热又变得多孔柔软。为此，小麦的食用品质很大程度上取决于面筋的特性，如麦谷蛋白和麦醇蛋白的含量及其比例等。

2. 营养品质　植物的营养品质主要是指蛋白质含量、氨基酸组成、维生素含量和微量元素含量等。一般来说，有益于人类健康的成分丰富，如蛋白质、必需氨基酸、维生素和矿物质等的含量越高，则产品的营养品质就越好。例如，高赖氨酸玉米植株外观上与普通玉米没有什么不同，高赖氨酸玉米的主要特点是营养价值高，生物效价比普通玉米高。胚乳赖氨酸含量一般在

0.4%以上,是普通玉米的两倍多。胚乳中蛋白质总含量与普通玉米相同,但优质蛋白质(非醇溶性蛋白)的含量是普通玉米的1.5倍左右。再如,小麦子粒的蛋白质含量是小麦营养品质中最重要的指标,一等优质强筋小麦子粒的蛋白质含量必须高于15%(干基)。

3. 工艺品质　植物的工艺品质是指影响产品质量的原材料特性。例如,棉花纤维的长度、细度、整齐度、成熟度、强度等。烟叶的色泽、油分、成熟度等外观品质也属于工艺品质。工艺品质不同可以加工成不同质量的产品,为了保证产品质量的稳定性,必须根据工艺品质对原材料进行分级。不同等级的原材料用于生产不同的产品,做到物尽其用。例如,棉花纤维长度与成纱指标有密切的关系,在其他品质指标相同时,纤维越长,其纺纱支数越高,强度越大。优质棉要求纤维长度在29～31 mm。棉花纤维成熟度差时,纱布棉结多,染色性能较差,纺织价值较小。

4. 加工品质　加工品质是指影响加工产品质量和加工过程的原材料特性。例如,糖料植物的含糖率,油料植物的含油率,棉花的衣分,向日葵、花生的出仁率,稻谷的出糙率和小麦的出粉率等,均属于加工品质性状。植物的加工品质会直接影响企业的效益。例如,大豆子粒的脂肪含量不同,加工后单位重量的产油量也不同,尽管产出的油质量没有大的差异,但生产同样数量的产品,加工费用会明显增加,使效益降低。又如,甜菜的含糖量低于规定要求,生产成本会大幅上升,甚至企业因无利可图而拒绝收购。

5. 贮藏品质　指产品采收后的贮藏寿命和货价售命。是果品、蔬菜和花卉的重要评价指标。

(二) 植物产品品质的评价指标

尽管对植物品质的评价不可能有统一的标准,但随着人们对植物品质研究的深入,逐渐建立了一些评价植物品质优劣的指标。当前,用于评价各种植物品质的指标归结起来主要有两类,即形态指标和理化指标。

1. 形态指标　是指根据植物产品的外观形态来评价品质优劣的指标,包括形状、大小、长短、粗细、厚薄、色泽、整齐度等等。如禾谷类植物子实的大小,棉花种子纤维的长度,烤烟的色泽,豆类作物种子种皮的厚薄,果类大小、整齐度、色泽等等。

2. 理化指标　是指根据植物产品的生理生化分析结果评价品质优劣的指标,包括各种营养成分如蛋白质、氨基酸、淀粉、糖分、纤维素、矿物质等的含量,各种有害物质如残留农药、有毒重金属的含量等。对于某一植物而言,通常以一两种物质的含量为准。例如,小麦子粒的蛋白质含量,大豆子粒的蛋白质、油分含量,玉米子粒的赖氨酸含量,甘蔗、甜菜的含糖量,油菜籽的芥酸含量,特用植物的特定物质含量等。

在评价植物品质时,一般需要对形态指标和理化指标加以综合评价,才能确定其优劣。某些理化指标常与形态指标密切相关。例如,优质啤酒大麦的特点为:发芽率和发芽势高,机械损伤的破粒少,啤酒酿造力高,谷壳比重小,蛋白质含量低,淀粉含量高。

(三) 植物产品品质的形成过程

与植物产量的形成相比,植物品质的形成过程在时间上一般要短得多,主要集中在产量器官的物质积累阶段。尽管构成植物品质的形状很多,但与植物生产关系最为密切的品质性状可以说是植物的理化品质,即蛋白质、氨基酸,淀粉、糖类、维生素等物质在产量器官中积累的数量和比例。

1. 糖类的积累过程　植物产量器官中贮藏的糖类主要是蔗糖和淀粉。蔗糖以液体的形态、

淀粉以固体（淀粉粒）的形态积累于薄壁细胞内。植物产量器官中累积的糖类，有的以蔗糖为主，例如甘蔗和甜菜中主要是蔗糖，其含量分别可达12%和20%左右；有的以淀粉为主，例如禾谷类植物种子中淀粉含量高达70%左右，薯芋类植物也可达20%左右。

蔗糖的积累过程比较简单，即通过叶片等器官形成的光合产物，以蔗糖的形态经维管束输送到贮藏组织后，先在细胞壁部位被分解成葡萄糖和果糖，然后进入细胞质合成蔗糖，最后转移至液胞被贮藏起来。

淀粉的积累过程与蔗糖有相似之处，光合产物以蔗糖的形式经维管束输送，并分解成葡萄糖和果糖后，进入细胞质，在细胞质内果糖转变成葡萄糖，然后葡萄糖以累加的方式合成直链淀粉或支链淀粉，形成淀粉粒。通常禾谷类植物在开花几天后，就开始积累淀粉，所以，在种子发育过程中子粒内可溶性糖含量都很低。另外，由非产量器官内暂时贮存的一部分蔗糖（如麦类植物茎、叶鞘）或淀粉（如水稻叶鞘），也能以蔗糖的形态（淀粉需预先降解）通过维管束输送到产量器官后被贮存起来。

2. 脂类的积累过程　植物种子中贮藏的脂类主要为甘油三酯，包括脂肪和油，它们以小油滴的状态存在于细胞内。油料植物种子含有丰富的脂肪，例如花生可达50%左右，油菜可达40%左右，大豆可达20%左右。在种子发育初期，光合产物和植株体内贮藏的同化物是以蔗糖的形态被输送至种子后，以糖类的形态积累起来，以后随着种子的成熟，糖类转化为脂肪，脂肪含量逐渐增加。

油料植物种子在形成脂肪的过程中，先形成的是饱和脂肪酸，然后转变成不饱和脂肪酸，所以脂肪的"碘价"（每100 g植物油可吸收的碘的克数）随种子成熟而增大。同时，在种子成熟时，先形成脂肪酸，以后才逐渐形成甘油酯，因而"酸值"（中和1 g植物油中的游离脂肪酸所需的KOH的毫克数）随种子的成熟而下降。所以，种子只有达到充分成熟时，才能完成这些转化过程。如果油料植物的种子未完全成熟时收获，会因为脂肪的合成、转化过程尚未完成，造成种子的含油量低且油质较差。

3. 蛋白质的积累过程　豆类植物种子内含有特别丰富的蛋白质，如大豆种子的蛋白质质量分数一般可达40%左右。蛋白质是由氨基酸合成得来。在子粒形成过程中，氨基酸等可溶性含氮化合物从植株的各个部位转移到子粒中，然后在子粒中转变为蛋白质，以蛋白质粒的形态贮藏于细胞内。在豆类子粒成熟过程中，荚壳常常能起暂时贮藏的作用。即从植株其他部位运输而来的含氮化合物及其他物质先贮藏在荚壳内，到子粒形成后期才转移到子粒中去。所以，在豆荚发育早期，荚壳内的蛋白质含量增加；到发育后期，荚壳内的蛋白质则开始降解，含量也就随着下降。大豆在开花后10～30 d内种子中氨基酸增加最快，此后氨基酸含量迅速下降，说明后期氨基酸向蛋白质转化的过程加快。蛋白质的合成和积累，通常在整个种子形成过程中都可以进行，但后期蛋白质的增长量可占成熟种子蛋白质含量的一半以上。谷类植物种子中的贮藏性蛋白质，在开花后不久便开始积累。在成熟过程中，每粒种子所含的蛋白质总量持续增加，但蛋白质的相对含量则由于子粒不断积累淀粉而逐渐下降。

4. 纤维素的积累过程　纤维素是植物体内广泛分布的一种多糖，但一般作为植株的结构成分存在。纤维素的合成积累过程与淀粉的积累过程基本相似。但纤维素不属于贮藏物质，一般也不能为人类作为食物利用，而是重要的轻工业原料。作为纤维植物被人类利用的主要是棉花和麻类，棉花利用的是种子表皮纤维，麻类植物利用的是韧皮部纤维。棉纤维中纤维素的质量分

数可达 93%～95%；在麻类植物中，苎麻的纤维素和半纤维素质量可占到原麻的 85%，黄麻也可达 70%以上。

棉纤维的发育要经过纤维细胞伸长、胞壁淀积加厚和纤维脱水形成转曲三个阶段。胞壁淀积加厚阶段是纤维素积累的关键阶段，历时 25～35 d。在开花 5～10 d 后，于初生胞壁内一层层向内淀积纤维素，使细胞壁逐渐加厚。纤维素在气温较高时淀积较细密，气温较低时则淀积疏松多孔。由于昼夜温差的关系，纤维素淀积在纤维断面上表现出明显的层次结构。

麻类植物不同科、属，其纤维形成过程也有所不同。由于麻类植物主要利用茎韧皮部纤维，因此从出苗到现蕾开花期，即植株快速伸长期是纤维形成的重要时期，而后则对纤维的厚度等工艺品质有一定的影响。但是，除留种用植株外，麻类植物在果实发育盛期开始前就应收获，这样可以避免积累于茎秆内的营养物质向果实转移，影响纤维的品质。生产上常采用一些抑制生殖生长的措施来保证麻类纤维的品质。

5. 一些特殊物质的积累过程

(1) 烟碱　烟碱是衡量烟草质量的重要指标。烟草中植物碱含量较多，目前烟株中已鉴定出的植物碱有 45 种，其中主要的有烟碱（又称尼古丁）、去甲基烟碱、新烟碱等。在烤烟中，烟碱占总植物碱的 90%以上。烟碱在烤烟中的质量分数约为 1.5%～3.5%，雪茄烟中约为 3%～6%。烟草种子中不含烟碱，随着种子萌发，幼苗中烟碱越来越多。随着烟株生长，烟碱含量不断增加，打顶之后，烟叶成熟期叶片中烟碱含量达到高峰。在一烟株中，叶片含烟碱最多，根次之，茎最少；在各叶位中，上部叶烟碱含量高于中、下部叶；烟碱在同一张叶片上分布也不均衡，自基部向叶尖渐次增加，自中脉向边缘渐次增加；在整个叶片中，叶肉积累烟碱最多，细脉次之，中脉最少。

(2) 硫甙　菜籽饼粕中的硫甙对菜籽饼粕的利用影响较大。不同类型油菜种子的脱脂饼粕中，硫甙含量差异较大，白菜型油菜硫甙含量最高，甘蓝型最低，芥菜型居中。油菜角果开始形成时，果壳中已含有较多的硫甙，以后逐渐增加。油菜种子中的硫甙含量，初期增长缓慢，至果龄 20—30 d 时迅速增长，以后又趋缓慢。

(3) 单宁　许多植物的子粒在其外层和胚乳中累积有多酚物质。单宁是与蛋白质互作并使之沉淀的多酚物质。在植物中有两种单宁，即可水解的单宁和凝聚的单宁。所谓的抗鸟害高粱，就含有相当数量的凝聚性单宁。这种高粱的凝聚性单宁含量与皮层中的褐色素含量有关，皮色越深，含单宁越多。在油菜种子的种皮中也含有单宁，菜籽饼粕中的平均含量为 3.65%。这种单宁溶于水，并易与铁离子作用产生沉淀，使菜籽饼粕变黑，具有苦涩味。

(4) 维生素　禾谷类植物的维生素是在营养器官，特别是在叶片中合成，当这些器官衰老时转运至子粒。许多维生素的含量，特别是 B_1 和 B_2 的含量在子粒完熟期比子粒形成的早期阶段通常高 1.25～2 倍，而类胡萝卜素（维生素 A）的含量却急剧降低。维生素 B_1 在子粒中分布极不均衡，大多数分布在胚的盾片和靠近盾片的胚乳细胞。维生素 B_1 的含量可因一系列因素而变化。例如水稻子粒中磷含量与维生素 B_1 的含量有直接关系，水稻子粒中含磷低于 0.4%时，维生素 B_1 的含量就会很少。维生素 B_2 在禾谷类植物中含量较多，在整个子粒中的平均含量为 0.1～0.3 mg/100 g。维生素 B_2 在子粒中的分布同维生素 B_1 一样，胚和糊粉层中最多。维生素 E 在禾谷类子粒中约含 1 mg/100 g，仅有些豆类植物和绿叶植物超过此含量。在由禾谷类子粒的胚提取的油中维生素 E 含量特别高，如小麦胚油中含 0.26%～0.27%，玉米胚油中含 0.23%。

(四) 影响植物产品品质的因素

与产量性状一样，植物的品质既受遗传因素的制约，也受环境条件和栽培技术等因素的影响。

1. 遗传因素对植物品质的影响　业已证明，植物品质的诸多性状，例如形状、大小、色泽、厚薄等形态品质，蛋白质、糖类、维生素、矿物质含量及氨基酸组成等理化品质，都受到遗传因素的控制。因此，选择品质不同的作物种类和品种，对于提高产品品质具有决定性作用。同时，人们可以采用育种方法来有效地改良植物品质。但值得注意的是，大多数品质性状受许多具有累加效应的微效基因或基因群控制，遗传规律比较复杂，因而在植物品质改良时，有时会见效甚微。

2. 环境因素对植物品质的影响　由于遗传因素对品质性状的影响大多数是多基因控制的和累加性的，因此，很多品质性状都受环境条件的影响，这是人们通过改善生态因子或改进栽培技术提高植物品质的理论基础。

(1) 光照　由于光合作用是形成植物产量和品质的基础，因此光照不足，特别是品质形成期的光照不足会严重影响植物的品质。例如，南方麦区的小麦品质差，其原因之一就是春季多阴雨，光照不足引起的子粒不饱满，子粒容重低。

日照长度也会对植物品质造成影响。韩天富等 (1997) 的研究证明，长光照下大豆蛋白质含量下降，脂肪含量上升。在脂肪中，棕榈酸和油酸所占比例下降，亚油酸和亚麻酸所占比例有所升高。

甘蔗的含糖量也与日照时数有关，9～11 月的日照时数累计在 126 h 以下时，含糖量 11.17%；133～188 h，含糖 12.02%；日照时数为 200～220 h，含糖量为 12.65% (陈远贻等，1984)。

(2) 温度　对禾谷类植物来说，灌浆结实期是影响品质的关键时期，温度过高或过低均会降低粒重，影响品质。例如，水稻遇到 15 ℃以下的低温，会降低子粒灌浆速度；超过 35 ℃的高温，又会造成高温逼熟，影响品质。

小麦子粒蛋白质含量与抽穗—成熟期的平均气温呈极显著正相关，日平均气温在 30 ℃以下，随着温度升高，面团强度随之增强，面包烘烤品质得到改良。

大豆种子含油率几乎随温度的增长而呈线性增长；亚麻和油菜籽的含油质量分数则在较低温度 (10 ℃) 时最高 (分别为 46.6% 和 51.8%)，并随着温度增加而降低；向日葵和蓖麻对温度呈曲线反应，在 21 ℃含油质量分数最高 (40.4% 和 51.2%)，而在较高和较低温度下的含油量较低。

棉纤维的发育需要较高的温度，日平均温度低于 15 ℃，纤维就不能伸长，低于 21 ℃，还原糖不能转化为纤维素。棉花的“秋桃”一般品质较差，主要与温度下降有关。

烟草是喜温植物，特别是烟叶成熟时要求的温度较高，以昼夜平均温度 24～25 ℃，并能持续 30 d 左右最宜。若温度低于 20 ℃，则叶薄，尼古丁含量低，味淡不成熟，不宜作卷烟的原料；温度过高，再加干旱，蛋白质和尼古丁含量过高，品质也不良。据国际烟草品质标准：以施木克值 (总糖/蛋白质) 为 2～2.5，糖/碱 10～15，总氮/烟碱 1 左右为最好。

温度对甘蔗糖分的积累会产生较大影响，据研究，在 9—10 月份温度日较差 3.1～6.2 ℃，含糖质量分数 10.00%～11.76%；温度日较差 6.56～7.53 ℃，含糖质量分数 10.84%～13.66%；温度日较差 11.6 ℃，含糖质量分数 14.22%。

(3) 水分　植物品质的形成期大多处于植物生长发育旺盛期，因此需水量大、耗水量多。如果此时遭遇水分胁迫，一般都会明显降低品质。我国北方小麦灌浆后期常遇干热风天气，如果供水不足，就会严重影响粒重。相反，水分过多，则会抑制根系的生理功能，从而影响地上部的物质积累和代谢，降低品质。研究认为，小麦子粒蛋白质含量一般与降水量或土壤水分含量呈负相关。成熟期过多的降水会降低面筋的弹性，以致降低面包的烘烤品质。

黄淮海地区的玉米，常因降水过于集中，造成根系发育不良，导致子粒不饱满。

在土壤湿度过大（饱和湿度的90%）的土中，烟叶的产量大受抑制，尼古丁和柠檬酸含量也降低，土壤水分不足（饱和湿度的30%）将降低烟叶产量，但叶中尼古丁含量则大大增加。

干旱对大豆子粒品质的影响包括外观品质和内在品质的影响，大豆鼓粒期受旱，子粒重量降低，体积缩小，种皮增厚，硬实比率增加；同时会使子粒蛋白质含量增加，油分含量下降。

(4) 大气污染　随着工业的发展，大气污染问题日益严重。大气污染不仅会对植物产量造成巨大损失，对植物品质也会造成极大的影响。Heagle 等（1998）研究了臭氧和二氧化碳对大豆品质的影响，证明提高臭氧浓度会降低种子中油酸的含量，而提高二氧化碳浓度则会增加油酸的含量；种子蛋白质含量不受臭氧和二氧化碳浓度的影响。

(5) 土壤　通常肥力高的土壤和有利于植物吸收矿质营养的土壤，常能使植物形成优良的品质。如酸性土壤施用石灰改土，可起到明显提高植物蛋白质含量的作用。营养元素中，硝态氮和硫酸钾对烟叶的产量和品质有良好作用，氨态氮和氯化钾有提高烟叶中蛋白质含量和降低燃烧性的不利影响。

土壤的盐碱含量不但会影响植物产量，而且还会影响植物的品质。常汝镇等（1994）对盐胁迫下大豆子粒品质的变化进行了研究，结果表明，盐胁迫会影响子粒蛋白质含量，对大豆子粒的脂肪含量影响不大，但对脂肪酸的组成有一定影响，盐胁迫使亚油酸和亚麻酸含量增加，油酸含量减少。

在土壤含盐质量分数 0.35%～0.76%的非氯化钠盐土上，种植红麻比种植其他植物有较大优势。盐碱地红麻在雨季前受到不同程度的盐害，生长受到不同程度的抑制，一旦进入雨季。麻株很快解除盐害，加速生长。由于盐碱地红麻前期生长缓慢，节间短且皮厚，因而皮/骨值一般大于非盐碱地麻，有利于提高红麻纸浆质量。

3. 栽培技术对植物品质的影响　合理的栽培技术能起到提高产量和改善品质的作用，但过于偏重高产的和不合理的栽培技术也会导致植物品质的下降。

(1) 种植密度和播种期　对于大多数植物而言，适当稀植可以改善个体营养，从而在一定程度上提高植物品质。在禾谷类植物制种时，一般种植密度较高产田稀一些，以提高粒重、改善外观品质。当前，生产上最大的问题是由于种植密度过大、群体过于繁茂，引起后期倒伏，导致品质严重下降。但是，对于收获韧皮部纤维的麻类植物而言，在不造成倒伏的前提下，适当密植可以抑制分枝生长、促进主茎伸长，从而起到改善品质的效果。

种植密度对烟叶品质的影响也很显著。由于烟草植株中部叶片多为优质烟叶，叶片大，单位叶面积重量大，组织细致，厚薄适中，干物质含量高，糖分高，有弹性，烟碱含量适宜，香味好。因此，种植过密，则品质降低；过稀，虽叶大而重，但含蛋白质和烟碱较多，品质也不良。

大豆密植会使大豆子粒的蛋白质含量增加，油分、糖类和灰分含量有所下降。

播种期不同，植株生育和物质形成所遇到的温、光、水等条件也不同，这些条件的变化会对植

物的品质产生很大的影响。例如,丁振麟(1965)在杭州采用六月白、八月白两个大豆品种进行播期试验,结果表明,播种越早,大豆子粒的蛋白质含量越高,油分含量越低,碘价也越低。胡明祥等(1986)的研究证明,播种期不仅影响大豆油分的含量,而且影响脂肪酸的组成。与夏播相比,春播棕榈酸、硬脂酸、亚油酸、亚麻酸含量较低,油酸含量却与之相反,春播高于夏播。又如,红麻推迟播种,主要表现是红麻茎秆中髓的比重随播种期的推迟而明显增加,细浆得率明显降低。再如,随着小麦播期的推迟,子粒蛋白质含量逐渐增加,面筋拉力逐渐增大,但不是越晚越好。

(2) 施肥　一般认为施用较多有机肥时,植物品质较好,过量施用化肥植物品质较差,而且会因化肥中有毒物质的残留影响人们的健康。

从肥料种类来看,适量施用有机肥或化肥都能在不同程度上影响植物品质。高产优质的地块应强调有机肥与化肥配合施用。实践证明,大豆单施有机肥可使子粒的含油量下降,而在施有机肥基础上再施磷肥、磷氮肥、磷钾肥,均可提高大豆子粒的含油量。在所有的肥料中,一般氮肥对改善品质的作用最大。特别是在地力较差的中低产田,适当增施氮肥和增加追肥比例通常能提高禾谷类植物子粒的蛋白质含量,起到改善品质的作用。譬如,小麦子粒蛋白质含量和赖氨酸含量均随施氮量增加而提高。

肥料施用过少,植物生长发育不良,干物质积累少,产量低,品质也差;同样肥料施用过量,尤其是化肥施用过多,容易引起物质转运不畅和倒伏等问题,反而导致品质下降,甚至会因有毒物质残留超标而影响消费者健康。

另外,微量元素也会对植物的品质产生影响。植物对微量元素的反应,取决于土壤中的丰缺程度、各种元素的互作和氮、磷、钾大量元素的供应状况。试验表明,在稻田中施锌、硼、钼、锰和铜对稻谷产量和稻米品质有明显效果。大豆增施硫肥有助于蛋白质、胱氨酸和半胱氨酸的形成和积累。而增施钼肥会使胱氨酸和半胱氨酸的含量降低。研究还证明,氮、锌配合施用可提高大豆子粒的含油量。在增施氮肥的同时,适当配合施用磷、钾肥和其他微量元素,也是进一步提高棉花产量和改善纤维品质的关键措施之一。

(3) 灌溉　根据植物需水规律,适当地进行补充性灌溉,通常能改善植株代谢,促进光合产物的积累,因而能改善植物的品质。对于大多数旱地植物来说,追肥后进行灌溉,能起到促进肥料吸收、增加蛋白质含量的作用。特别是当干旱已经影响到植物正常的生长发育时,进行灌溉补水,不仅有利于高产,而且有利于保证品质。例如,据吉林市农业科学研究所(1963)测定的结果,大豆花期灌水平均提高子粒含油质量分数0.39%～0.53%;结荚期灌水提高含油质量分数0.03%～1.6%,鼓粒期灌水含油质量分数提高0.01%～0.45%。花生饱果期干旱不仅影响荚果充实度,而且种皮易出现裂纹、容易被黄曲霉毒素侵染。

一般认为,水浇地小麦常比旱地小麦品质差。随着灌水量的增大和浇水时间的推迟,子粒蛋白质含量和赖氨酸含量有下降趋势。据报道,灌水对品质的影响与降雨量有很大关系,欠水年灌水可提高品质,丰水年灌水过多则对品质不利。灌水只有在施肥量较多时才能明显地影响子粒蛋白质含量,在缺肥条件下,灌水对蛋白质含量基本无影响。

(4) 生长调节剂　在植物的生育过程中,喷施生长调节剂一方面可以提高产量,另一方面可以改善品质。例如,利用乙烯利的催熟作用,对早熟棉花和一年两熟地区棉花采用40%的乙烯利1 500～2 250 g/hm^2,加水600～750 kg于盛花后30～40 d进行喷雾,可以加速棉铃早熟吐

絮，减少烂铃和霜后花，提高部分棉铃的铃重和品质，增加霜前花的产量。在接近采收叶片时，用乙烯利对烟叶进行喷洒，也可提早采收，并减少尼古丁含量。在甜菜上施用青鲜素可抑制甜菜抽薹，使块根增产，并提高产糖量。

(5) 收获 适时收获是获得高产优质的重要保证。禾谷类植物大多数在蜡熟或黄熟期收获产量最高、品质最优。例如，小麦不同收获时期蛋白质含量的变化趋势为蜡熟中期＞黄熟期＞迟收 5 d＞迟收 10 d＞迟收 15 d，干、湿面筋含量也表现相同的变化趋势。

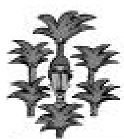
棉花收花过早，棉纤维成熟度不够、转曲减少；收花过晚，则由于光氧化作用，不仅会使转曲减少，而且纤维强度降低、长度变短。其他经济植物也大多有类似的问题。如延迟收获，红麻纤维细胞的平均宽度减小，长宽比增大；韧皮部的纤维细胞壁厚度和壁腔比随收获期的推迟而减小。

4. 病虫害对植物品质的影响

(1) 病害 在受到病害危害时，植物的品质会降低。例如，大豆植株受细菌性斑点病侵染后，子粒的含油质量分数一般降低 1%～1.5%，而感染霜霉病的子粒含油质量分数一般下降 0.6%～1.7%（吉林市农业科学研究所，1963）。陈霞等（1988）的研究表明，如果大豆灰斑病病斑率达 50%，子粒含油质量分数下降 1.71%，蛋白质质量分数提高 0.62%。感染褐斑病的子粒含油质量分数下降 3.52%，蛋白质质量分数增加 1.59%。陆京杰等（1991）证明，花叶病毒的侵染会显著地抑制大豆的碳水化合物代谢，但会明显刺激氮化合物的代谢，因而子粒中可溶性蛋白质大为增加。玉米的大、小斑病是叶部病害，发生时，轻者产量损失 10%～20%，重则减产 50% 以上。但对爆裂玉米来说大、小斑病不仅会影响产量，更会影响原料的质量。

(2) 虫害 在受到虫害危害时，植物的品质也会降低。例如，大豆子粒受到食心虫危害后，油分质量分数下降 2.26%，而蛋白质则会提高 1.70%。再如玉米螟虫危害特种玉米时，会降低甜玉米果穗的可用性，严重时根本不能用于加工；爆裂玉米果穗受害会降低等级，甚至成为不合格产品；玉米笋被蛀后会失去利用价值；高赖氨酸玉米的果穗虫蛀后易引起果穗腐烂，降低品质。

品质优良的植物更加容易受到害虫的危害。例如，高赖氨酸玉米在田间易受玉米螟、金龟子等害虫的危害，造成果穗腐烂，降低品质。在仓储过程中，高赖氨酸玉米因其松软的胚乳和高赖氨酸含量有利于害虫的繁殖，易受虫蛀，应注意对仓储害虫的防治。



思考题

1 植物生长发育有哪些基本特征？如何划分植物生长发育阶段？在植物生长中有何意义？

2 植物的营养器官和生殖器官包括哪些部分？植物器官之间的相关性表现在哪些方面？

3 什么是植物生产的群体、特性？植物群体结构在生产中有何意义？

4 植物意识有哪些类型？试述植物产量及其构成因素。如何提高植物产量？

5 什么是植物品质？它包括哪些内容？分析主要植物品质的形成过程及其影响因素。



植物生产与环境

植物生产是在一定的资源环境条件下进行的。影响植物生产的所有外界条件构成了植物生产的环境。环境是植物生长发育和产量品质形成的物质能量基础,了解植物生产与环境的关系,是人们调整植物生产的理论依据。水圈、大气圈和土壤圈共同组成了植物的空间环境。植物的生存还会受到其生境内的物理化学因素及其他生物所施加的影响。

第一节　影响植物生产的自然生态因素

一、大气圈

大气圈包含围绕地球的整个大气层,它是全球环境最敏感的区域(图3-1)。其最底层是对流层,它是地球生物最主要的活动空间。该层内主要特征是气压从下向上急剧下降,在5 500 m的高度气压降至海平面的一半。同时,空气的温度也下降,直到对流层顶温度达到最低点。对流层的厚度因地区和季节而不同,在热带地区为16~17 km,温带地区10~12 km,两极地区7~8 km,夏季变厚,冬季变薄。由于对流层内的温度垂直分布为上低下高,它是大气圈中最不稳定的层次,对流、乱流较强。

从对流层顶到平流层顶(海拔高度25~50 km的层次为平流层),气压下降到海平面的1/10。在这个空气稀薄的区域,高强度的紫外线辐射造成了臭氧层的形成,臭氧本身能够强烈地吸收紫外线。正是臭氧层的过滤作用使得到达地面的短波紫外线降低到陆地上生物可以生存的水平(图3-1)。

围绕地球的空气为植物提供了CO_2,并为所有的生物提供了O_2。对流层空气的主要成分为:78%的N_2,21%的O_2,0.94%的稀有气体和0.036%的CO_2(容积比)。空气中稀有气体包括

CH_4、SO_2、O_3、卤素化合物、挥发性氮合物和光氧化物等，另外，还包含水汽、灰分、尘埃与烟雾等。

大气圈不仅为植物生产提供了所必需的物质和能量，而这些物质（如水分、CO_2）能量（如光）在时空上分布的不均衡性，决定了植物的自然地理分布和农业生产活动。

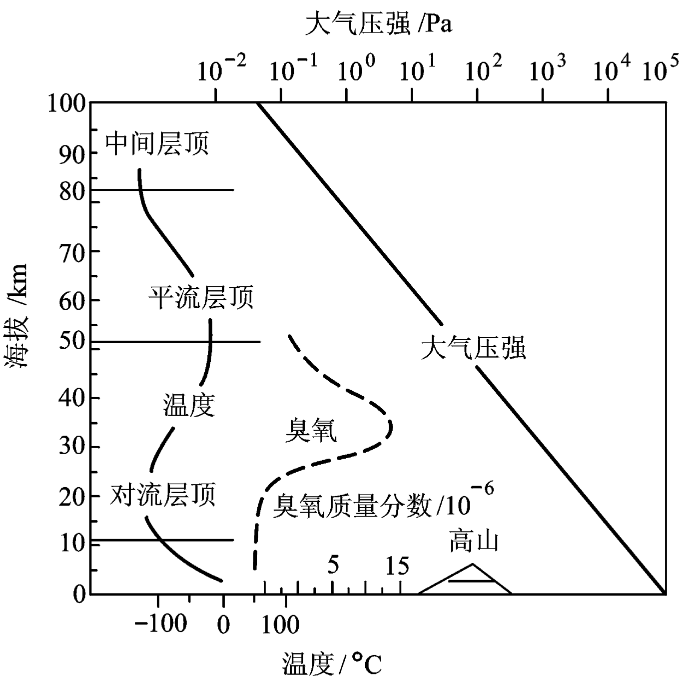


图 3－1　大气圈的结构
（Walter Larcher，1997）

二、水圈

水圈包括海洋、地下水、内陆水、极地冰、冰川以及大气水。海洋覆盖了 71% 的地球表面，含有世界水资源的 74%。海洋贮藏着巨大的能量和物质，是最重要的地球物理和地球化学过程的稳定剂。第二大水资源是陆地水，主要是地下水。只有 1% 的地下水可接近于植物根系被吸收到地球的表面，其他的则渗透到几百米以下的深度。虽然地表水，即湖泊和河流，仅占水圈的一小部分，但是它对于植物环境是非常重要的。漂浮于陆地、海洋上空的水分，诸如云、雾和水汽，虽然只占地球水总量的 0.001%，但由于它的高循环速率（水汽在大气中的平均停留时间为 10 d），它们对地球水和热量的平衡是非常重要的。因为地球表面所吸收的太阳辐射的绝大部分是通过水蒸发而消散的。因此，水循环是地球上最大的物质流动，同时也是最重要的能量流动，水圈是地球气候系统的决定因素。

水流也在温度平衡方面起作用。在没有水流的情况下，温度诱导密度层化作用的发展就是一个非常明显的例子。由于入射辐射被最上水层所吸收，只有上层水得到加温，而深层水一点也不加温。由于热水的密度低于冷水的密度，并且风和潮汐引起水的运动只能达到有限的深度，所以只能降至有限深度的水密度梯度，形成了两种不同的水体。这两种水体之间的狭窄过渡区叫做温水层。在海洋里永久性的温水层在远离强光带的深处。另一季节性的温水层只存在于中纬度区。然而，在接近极地和赤道区，全年的水温保持不变。水体的彻底混合只发生在当表面水足够冷的时候，即在秋天和春天，或在中纬度与高纬度的冬天，或赤道区的昼夜变化。

水中的气体溶解度随着压力的升高和温度的降低而提高，但随着盐浓度的增高而降低。二氧化碳是水溶性的（表 3－1）。游离 CO_2 的比率决定于水的 pH，在酸性范围内它是高的，而在 pH 值 9 以上，只以碳酸氢盐和碳酸盐的离子存在。海洋和湖泊水所含 CO_2 占全球的 0.14%，它以碳酸氢盐和碳酸盐离子或可溶性的无机碳（DIC）形式存在，绝大部分在海洋的深水层里（约 3.8×10^{13} t）。表面水含有机碳仅占水圈的 0.2%，表面水中的 O_2 分压与大气中的氧分压处于平衡状态（见表 3－1）。

最上面的和光照最好的水层（富营养区）中的 CO_2 和 O_2 的含量，随着光合自养生物的光合作用节奏呈现昼夜与季节性的波动。海洋作为水圈和大气圈之间大量 O_2 和 CO_2 交换的缓冲系统，起了特殊的重要作用。

表 3-1 空气达到平衡时水中 CO_2 和 O_2 的浓度 (μmol·L^{-1}) 和体积分数 (%)

温度/℃	二氧化碳/		氧/		O_2/CO_2 的摩尔比
	μmol·L^{-1}	%	μmol·L^{-1}	%	
0	26	0.059	458	1.02	17.6
10	18	0.041	356	0.79	19.8
15	15	0.035	318	0.72	21.2
20	13	0.030	291	0.66	22.4
25	11	0.026	263	0.59	23.9
30	9	0.023	245	0.55	27.2

Walter Larcher,1997。

三、陆圈和土壤

地壳是生物界建立其躯体所需各种化学元素的仓库。地壳中最常见的元素是矿物结合的氧,其次是硅,继之顺序为:铝、钠、铁、钙、镁、钾和磷。所有其他化学元素的质量分数均少于0.1%。陆圈和水圈之间(通过风化产物的传递和所有水体沉积物在底部的形成)、大气之间(灰尘的漂移与火山喷射)都进行着物质交换。

土壤形成的基本物质虽然是由岩石圈提供的,但土壤不只是疏松的岩石表面。它是由有机物和矿物质的转化与混合所产生复合体系,称之为土壤圈。土壤是由岩石风化和死生物的腐殖化作用而形成的。裸露的岩石在水、风、冰冷所引起的机械作用下被破碎或粗糙化。其作用的结果是可溶性盐淋失,碳酸盐、长石、普通辉石、角门石和云母被水解,富含铁或锰的矿物质被氧化。在已有生物生活的土壤中,根系穿入岩石缝隙、植物和微生物的分泌物等,也促进风化。

上述各种过程的综合效应导致次生土壤矿物层的形成,在热带和亚热带温暖、潮湿的气候里,膨胀与收缩的频繁交替和强烈化学风化的联合作用,导致土壤矿物质降解成氢氧化铁和无定形土壤胶体(氢氧化铝、硅胶体)。在这种土壤里,植物营养是不容易积累的,土壤变得贫瘠,当没有植被的时候(砖红壤化),它的表面会很快形成硬壳。

腐殖质形成开始于死被物的瓦解而产生了化学稳定的腐殖物质。该腐殖物质是黑的、细颗粒状的高分子物质。它们的平均组成是44%~58%碳,0.5%~4%氮,42%~46%氧和6%~8%氢。死被物通过一系列的中间步骤转化成不易腐烂的物质,如木质素、角质、腐殖物质(强酸的、水溶性富里酸、胶状腐殖酸和高聚合稳定腐黑酸)。

土壤质地快定于土壤颗粒大小和腐殖质含量。有机物质质量分数少于1%的表土,被认为是腐殖质贫乏的土壤,质量分数在1%~4%的为腐殖质土,高于4%的为强腐殖质土,而质量分数高于8%的被定为富腐殖质土。腐黑酸物质与碳酸钙结合形成微溶性腐殖酸钙,与黏土矿物结合形成黏土腐殖质复合体。它们彼此相互粘合在一起,形成颗粒。颗粒之间具有小的空隙。由这些空隙组成的孔隙系统,部分被空气充满,部分为水所充满,构成了土壤生物(土壤微生物)生活的环境。土壤孔隙系统主要决定于矿物颗粒的大小。砂质土具有粗的和有棱角的颗粒(直径0.006~2 mm),含有许多大的孔隙。黏土具有密集的薄片状颗粒(直径小于0.002 mm),它们的孔隙细小,虽然孔隙容积大,但通气性很差。壤质土可根据它们的黏土含量来分类,从沙壤

土到重壤土。

土壤是一个多相体系。该体系中存在固相、液相和气相。它表现出一个巨大的接收缓冲空间,在缓冲物理和化学的影响方面特别有效。土壤胶体通过吸引和交换电解质而影响持水量。所以,土壤在陆界的土壤水、土壤气体与在土壤中生活和扎根的生物之间的物质交换中起着水库与过滤器的作用。机械过滤、吸附和生物分解可有效地结合那些经沉淀和内流进入土壤的污染物。这不仅意味着有毒的物质不能立刻渗漏到地下水里,而且还能延缓甚至阻止植物的吸收。土壤高贮藏容量的一个缺点就是当它在高载荷污染物的情况下,尤其是森林土,使其恢复或达到正常化则需要很长的时间。

四、生物圈

地球上存在生命的部分,构成生物圈。在所有的生物中,植物贡献出极大的生物量,大约占地球上所有生物量的99%。所以,植物是物质循环的稳定因素,并对气候和土壤二者具有决定性的影响。

生物圈中高度复杂的相互作用调整着种群内各个体的共存性,如不同植物种的共存性,植物、微生物与动物的共存性。生物圈中生物之间的相互作用包括:生态因子相互作用,如成熟植物遮盖幼小植物免受强光照射、过热或过冷,但会产生对空间的竞争,对光、营养和水分的竞争;生物中的化学交流,如植物、微生物和动物释放的信息物质影响生态系统中其他生物的发育和状态(植物根系释放的植物生长素,促进土壤真菌和细菌的发展,寄生真菌和昆虫释放的类激素物质诱导植物长瘿和畸变,植物产生的雌激素影响哺乳动物的群体发育,植物来源的蜕化素影响昆虫的幼虫发育)等。生物之间的相互作用,可以超越各个生态系统的界限,通过促进或抑制某个物种的发育、传播和稳定性,确保作为一个整体的生态圈的稳定性。

在这个无机与有机环境内,植物反过来又影响它们的环境。生物圈和无机环境之间以能流的形式进行着物质循环和相互作用。各种生物共同生存于一个生态系统之中,而生活在同一生态系统中的各种生物又通过各种各样的关系和相互作用联系在一起。

第二节　植物生产与太阳辐射

在诸多环境因素中,太阳辐射是植物生产决定性的因素。作为光合作用的原初反应的动力太阳辐射是植物制造有机物质的唯一能源。另外,它是影响植物体温(尤其是叶温)、空气、土壤温度和饱和水汽压的主要因素,植物体温和饱和水汽压又影响着其他的生理过程。

一、光合有效辐射

太阳辐射的光谱范围大约为150～4 000 nm,但并非全部太阳辐射均被植物光合作用所利用。太阳辐射中波长大于1 000 nm的辐射,被植物吸收转为热能,不参与生化作用。波长为720～1 000 nm的辐射,只对植物伸长起作用,其中700～800 nm称为远红外光,对光周期以及

种子形成有重要作用，并控制开花与果实颜色。波长为 610～720 nm 的光，主要是红、橙光，被叶绿素强烈吸收，是光合作用最有效的部分，在某种情况下也表现出强的光周期作用。波长 510～610 nm 的光，主要为绿光，表现低光合作用与弱成形作用；400～510 nm 的光主要为蓝、紫光，被叶绿素和黄色素强烈吸收，也表现强的光合作用与成形作用；315～400 nm 的辐射，起成形作用，如使植物变矮、叶片变厚等；280～315 nm，对大多数植物有害；小于 280 nm 的辐射可立即杀死植物。

对植物光合作用有效的光谱成分称为光合有效辐射（photosynthetically active radiation）——PAR。尼奇波罗维奇认为它包括波长 380～710 nm，俄罗斯、东欧采用此值；哈斯托认为它包括 400～700 nm 波段的辐射能，美国与西欧采用此值，前者比后者能量约多 5%～7%。有人将光合有效辐射叫做生理辐射。严格地说，生理辐射的含义可略广泛一些。

近来一些学者从量子理论的角度，建议用光合光量子通量密度表示能被植光合作用利用的能量，因为在植物光合作用中，决定光化学反应的不是叶片吸收光能的量，而是所吸收的光量子数（μmol 或 mol）。即按光化学原理，一个分子吸收一个量子，可引起一个分子的化学反应。要使 1 mol 的化合物起反应，则需吸收 1 mol 的光量子。

二、太阳辐射在植物群体中的分布

具体研究太阳辐射与植物光合作用的关系时，常需分析太阳辐射在作物群体中的分布，因为只有被叶片截获的、吸收的太阳辐射才能被利用来进行光合作用，照到植被上的太阳辐射并非全部被截获与吸收，所以我们需要首先计算出或测出被植物截获的能量。植物群体中不同部位所得到的照度、辐照度与光谱成分都是有显著差异的，其光合效应也不相同。群体中太阳辐射的分布特点，可以作为植物群体结构好坏的一个标志。总之，分层、分部位研究作物群体中太阳辐射的分布及光合作用的特点，可使工作更加深入细致。

（一）群体内光照的分布

1979 年 V.C.Vanderbilt 等用激光技术测算小麦群体中各层次，甚至各器官在一天的不同时间截获日射的情况（图 3－2）。根据他们的结果，可以较细致地预报不同时间小麦群体内太阳辐射的分布。植物群体内光分布一般符合 Beer-Lambert 定律，即：

$$I=I_0e^{-K_LF_L}$$

式中：I_0 植物顶层的光强度（即自然光强度）；F_L 为所测高度以上的叶子层数，即叶面积系数。I 为 F_L 层叶子下的光强度；K_L 为群体的消光系数，是一个群体的特征，可以通过测定群体内不同高度（层次）的光强而计算得出。实际上 K_L 值随叶片的角度、分布、厚薄、颜色而变化，此外，还随天气、时间、作物种类、品种、密度与种植方式而变化，它远非一个常数。

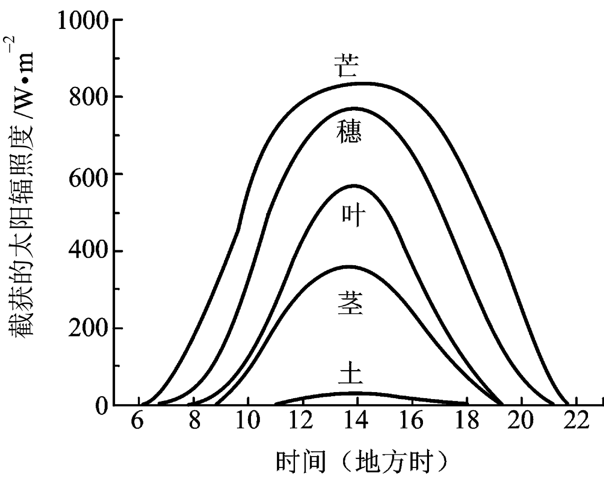


图 3－2　用激光技术测定小麦群体不同时间、不同器官截获太阳辐射能的情况
（V.C. Vanderbilt, 1979）

（二）太阳光在植物群体中的反射、透射与吸收

太阳光线到达植物叶片，一部分被反射，一部分透射，一部分被吸收，其反射率、透射率与吸收率之和等于1。一般叶片对太阳光的反射率与透射率，大致分别在20%～30%左右，但它们的数值随太阳光的入射角变动。入射角为90°，即垂直照射时，反射率最小而透射率最大；入射角减小，相应地反射率增加而透射率减小，其结果使吸收率能够在一定的入射角范围内保持相对稳定的数值。

叶片的角度也是决定太阳光对叶面的入射角的一个重要因子。当入射角小时，叶面对太阳光的反射犹如镜面的反射，是独立于波长的。所以对于较直立的叶片而言，在太阳高度角大时，这种似镜面的反射率可能很高，它可为群体下部提供一定数量的短波辐射，改善群体下层的光谱成分。据实测，在群体下部的生理辐射中并无明显的绿光峰值，这可能因为下部光线已经过叶片多次反射、散射的结果。

植物群体内的光照，一是穿过上部叶片间隙的直射光——呈“光斑”；另一种是透过叶片以后的透射光和部分散射光——呈“阴影”。两部分光照的强度和光谱成分均不同，对光合作用的效应也不同，其作用主要靠光斑。Monteith 十分重视光斑对光合作用的重要性，他认为一些计算植物群体内光分布的公式的缺点是没有将光斑与阴影分别开来，而重点考虑光斑。

既然光斑与阴影处光强与光谱成分都有很大区别，在研究光照对光合作用的影响时，可以根据需要，分别观测与分析光斑与阴影部分的光照强度，观测光斑与阴影的比例，以及分析它们各自对光合作用的影响。

三、植物群体光合强度的估算与鉴定

计算植物光合强度的公式为：

$$P_u = \frac{bI}{1 + aI}$$

式中：P_u 为单位叶面积的光合强度，I 为受光强度，a 与 b 为常数，如计算净光合率，则为：

$$P_t = \frac{bI}{1 + aI} - r$$

式中：r 为单位叶面积的呼吸强度。

可以看出，在光线很弱时，aI 很小，故 $P_u \approx bI$，光合强度与光强成正比；当光线很强时，则 $(1 + aI)$ 中的“1”可以忽略，故 $P_u \approx a/b$，光强对光合强度没有影响。

如果将此式与 Beer 式结合，则任一层叶面的光合强度应为：

$$P_t = \frac{b}{aK_l} \ln \frac{1 + aI_0}{1 + aI_0 e^{-K_l F_l}} - r F_l$$

需要指出，这只是一个近似式，条件性很强，有相当误差，不过目前仍较多采用。

更简单的办法是将群体内光照条件、对照光饱和点、补偿点指标或对照光合效应与光照强度的对应关系曲线来进行衡量、鉴定（表3－2）。鉴定时应注意单叶饱和点、补偿点与群体饱和点、补偿点两类指标的区分。

群体饱和点与补偿点数值比单叶指标高。原因很明显，因为在光照强时，群体的上层叶片（单叶）虽已饱和，但下层叶片的光合作用仍随光强的不断增加而增加，另外。在同一自然光照

下，上层叶中不同叶片因方位与角度不同。并非一律达到光的饱和点。对于群体补偿点来说，它应是上层叶片光合作用的产物与下层叶片的呼吸消耗相抵消时的光照强度，数值比单叶指标要高。衡量光照强度对作物整体的影响时宜用整体指标，若将作物分层分叶研究，则宜用单叶指标。选用群体指标分析问题时一般应与自然光（水平面上）的观测数据相对照，选用单叶指标时，则应对应于与某叶的方位、角度一致的水平面上的光强作对比分析。特别是直立叶型作物，一般更不能用单叶指标对应自然光（水平面）数据来分析问题。

表3－2　几种植物的单叶光饱和点、补偿点　　lx

植物	小麦	棉花	水稻	烟草	玉米
光饱和点	24 000～30 000	50 000～80 000	40 000～50 000	28 000～40 000	25 000
光补偿点	200～400	750左右	600～700	500～1 000	—

刘怀屺等，1994。

一般说 C_4 植物的光饱和点比 C_3 植物高，在自然光照条件下，有的 C_4 植物甚至没有光饱和点。

据日本对水稻测定的结果，群体饱和点数据在本田初期为 3×10^4 lx，最高分蘖期为 6×10^4 lx，孕穗期饱和点消失，即光照越强光合生产率越高。乳熟期饱和点无显著降低。对小麦也曾观测到拔节后与抽穗后群体饱和点两度消失的情况。

实际上光饱和点与补偿点数值随叶面积系数、CO_2 含量、温度、土壤有效水分等许多因子而变化，远非一个常数。

四、光照与作物生长量和产量

植物短期的生长量主要确定于下列因子，即：

干物质增长量＝净光合同化量＋无机物吸收量－消耗量（枯、落、被食量）

以上各项中，无机物吸收量只有光合同化量的1/10，如果不计枯死、脱落量（只在生育后期较大）与被食量（被昆虫吃掉等），那么植物的生长量即干物质增长量主要决定于光合作用制造和呼吸消耗的有机物量的差值，即决定于净光合同化量。如果用NAR表示净同化率，即单位叶面积的干物质增重率（$g\cdot m^{-2}\cdot d^{-1}$），用CGR表示作物生长率，即单位土地上干物质的增重率（$g\cdot m^{-2}\cdot d^{-1}$），LAI为叶面积指数，则：

$$CGR = NAR \times LAI$$

在分析较长时期的植物生长量和产量形成时，要考虑有机物的转化过程，如进行纤维素、木质素、蛋白质和脂肪的生物合成，它们的合成需要消耗能量。

主要作物中多数种是喜光的，减弱光强将减少其生长量与产量。以小麦为例，据中国科学院研究，光照减弱使小麦的单株分蘖数、次生根数和分蘖干重均降低，且遮光对分蘖的影响大于主茎。

有些植物喜欢并适应遮荫条件，据有人研究，向日葵在78%、荞麦在58%、烟草在35%全日照下产量与品质好；人参喜7～8 klx左右的弱光，三七、黄连等也需阴蔽；草莓不加荫蔽则维生

素C含量减少。荫蔽除减弱光强外，尚有保水保肥，保持土壤结构与减少病害等作用，故不能认为全部是光强的直接影响，看待遮荫试验的结果时，也应考虑及此。

有些作物在荫蔽下容易徒长，而徒长又反过来使其群体内更加郁蔽少光，特别使下部茎叶处的光照处于光补偿点以下，降低光合量与产量，甚至引起倒伏，也就是说存在着作物群体结构与群体内光照强度的相互关系问题。可经验性地用群体基部光强作为群体结构好坏的指标，也可用它来预计产量的高低。

为了更有效地利用太阳辐射能而提高产量，有人提出调节玉米的播种期以使它们的旺盛生长期（即具有一定叶面积而干物质产量增长较快的时段）与一年中日射最强、日照最长而温度较高的夏至前后相配合，如图3−3所示。这种思路与做法是值得参考的。

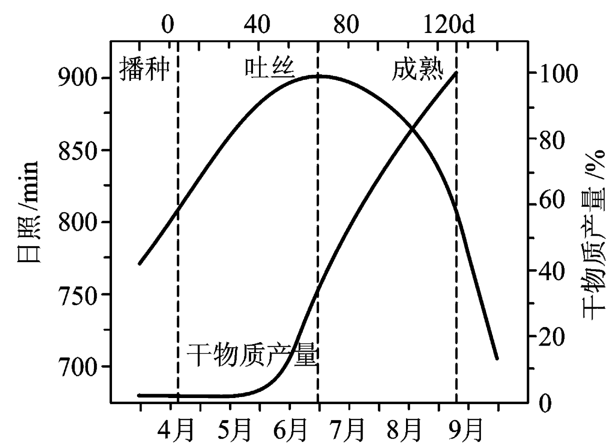


图3−3　合理安排玉米生长时间表使吐丝时日照最长（刘汉中，1990）

五、提高光能利用率的途径

（一）光能利用率

在到达地面的太阳辐射中，光合有效辐射（380～710 nm）约占44%，在植物光合作用中，同化1 mol的CO_2，需要8～10 Ei光量子数，在380～710 nm米的光谱区间，如果以同化1 mol CO_2需要10 Ei计算，则同化1 mol CO_2必须吸收2.09×10^6 J能量，而在光合作用中只能固定0.47×10^6 J，即光合作用的理论最大效率为22.4%。据分析，光合作用中消耗于呼吸作用的物质及其他损失，占光合作用中所形成物质的20%～30%，如果以30%计，则吸收光能在光合作用中用于形成有机物质的理论有效系数应为0.224−（0.224×30%）＝0.156 8，即15.68%。如果再把大田反射、株间漏光、接茬耗光与植物衰老期利用率的下降计算在内，在最终形成产量中的光合有效辐射的能量利用率可为10%，这是希望达到的理论数值，即在水、热、养分得到保证时可能达到的生物产量上限。

我们把单位面积作物收获物中包含的能量（E_h）与投射到该单位面积上的可见光（或光合有效辐物）能量E_{lv}的比值，叫做光能利用率（U_l），则：

$$U_l=\frac{E_h}{E_{lv}}\times100\%$$

如果计算某段时期的光能利用率，则上式可写为：

$$U_l=\frac{H_m\cdot\Delta W_m}{\Sigma E_{lv}}$$

式中：ΔW_m为单位面积上某段时期内干物质的增长量，如果计算最终产量，则ΔW_m用最终产量的干物重W_m代替；H_m为1 g干物质燃烧时所放出的热量（J），所以式中的$E_h=H_m\cdot W_m$；ΣE_{lv}为该时段内可见光能量的总和。

在实际生产中，光能利用率离理论数值相差甚远，才只有0.5%～1.0%。最高产量也仅为2%，说明提高光能利用率以增加单位面积产量是大有潜力的。竺可桢曾提出，如能将光能（广

义）利用率从通常的1%提高到2.6%，华北水稻产量将达到每1/15 hm^2 1 250 kg。根据南京大学1976年的计算，我国广东高产栽培试验中一年的生理辐射最高利用率已到5.1%，如果全国达到这一水平，则全国粮食平均产量将增加到1 250 kg/（1/15 hm^2）以上。

（二）提高作物光能利用率的途径

1. 限制光能利用率的自然因素 ①作物生长初期覆盖度小；②作物群体内光分布不合理；③光能转化率低；④中、高纬度地区农业受冬季低温的限制；⑤不良的水分供应与大气条件使气孔关闭，影响 CO_2 的有效性与植物的其他功能；⑥光合作用受空气中 CO_2 含量的限制；⑦作物营养物质的缺乏；⑧自然灾害（气象与病虫等）的影响。

如果设法解决上述矛盾，就可以大大提高光能利用率，从而大大提高作物产量。

2. 提高作物光能利用率的途径 一般常从改革种植制度与方式，改进栽培措施与选育优良品种等方面着手。

（1）改革种植制度与方式 ①间套复种与光能利用。间套复种目前在我国一些条件许可的地方推行，其增产效果取决于多方面的因素，光照条件是重要因素之一。如果条件允许，安排恰当，间套复种在一定程度上能够提高作物的光能利用率，其好处为：延长了生长季节。使地面经常有一定作物覆盖。合理用光。间套作如果安排得好，用光更合理，并因而可适当增加叶面积与作物密度。间套作物间的配置，常采用高（秆）矮（秆）相间，宽（行）窄（行）相间的方式。这样，一方面形成许多边行，增加边行效应，使边行（1～2行）受光较多。另一方面，使作物形成多层受光，从而在同一密度下，由于增加边行与多层受光而增加了直接照光面，把单作时光照分布的上强下弱的形势，变为上下比较均匀，改善了通风透光条件，并使之在不减少光照分布的前提下，适当比单作增加密度与总叶面积。②行向、行距与光能利用。讨论行向的影响问题，先要明确两点：一是假设太阳高度角不变，当光线顺行的方向照射时，行间因不受作物遮挡，所以该行向行间的光照条件比其他行向的行间为好。但对行内的作物而言，情况正好相反，光线顺行照时植株间相互遮阴最严重，故光照条件反比其他行向差，当光线垂直于行向照射时，行间因受作物遮荫，光照条件差，但行内植株间彼此遮阴少。故光照条件较好，这种结论已被光照与光合强度的观测所证实；二是在中纬度地区，根据太阳方位角一天的变化规律，夏季太阳光从东与西（包括其左右各45°）照射的时间，比从南面（亦包括其左右各45°）照射的时间长得多。

根据以上两点，在中纬度将出现两种情况：对单作与间套作的上茬作物来说，以南北行对作物受光有利；对套种的下茬作物（共生期内）来说，则以东西行受光有利。另外，对单作而播幅很窄（且叶向行间伸展较少）的情况，也可能以东西行较为有利，因光线由东西照射时，行内相互遮阴的问题不太突出（时间短）。

行向的效应随纬度、季节、天气与种植方式等而异。

要调节间套作上下茬作物共生期间的关系，要改善作物群体中的通风透光条件，调整行（带）株距是一个有效的办法。

（2）改进栽培管理措施 要提高光能利用率，加快干物质增长速度，一是提高单位叶面积的光合生产率，二是有合理的叶面积。

适宜的水肥条件是使植物提高单位叶面积光合生产率（光能转化率）与生长适宜叶面积的重要物质基础，另一方面，水肥还通过影响叶面积的多少，影响群体的通风透光条件，而通风透光又是提高单位叶面积的光合生产率的重要条件，对于高产群体，问题尤为突出，所以水肥措施对提

高植物光能利用率有着综合的影响。

除水、肥措施外,栽培管理上还常采用育苗移栽(如水稻)以充分利用季节与光能,采用中耕、镇压,施用化学激素等药品与整枝等措施,以调整株型,改良群体内的光照与其他条件;或抑制光呼吸,以提高光能利用率。

(3) 选育优良品种　选育合理株型、叶型、较适合高密度而不倒伏的品种,是提高光能利用率的重要措施之一。

从叶型来说,一般斜立叶较利于群体中光能的合理分布和利用,由于叶面斜立,使单位面积上可以容纳更多的叶面积。另外,斜立叶向外反射光较少,向下漏光较多,可使下面有更多的叶片见光。在太阳高度角大时,斜立叶每片叶子受光的强度可能不如垂直对光的叶,但光合作用一般并不需要太强的光照,换言之,同样的光能分布到更大的叶面积上,这对光合作用有一定好处,因其使更多的叶面利用光能进行同化,比之较少的叶面接受强光,其光能利用更为经济。例如,据研究,叶片角度为15°斜立叶型小麦叶片,中午12～13时的总光合强度(CO_2计)比平铺叶(叶片角度80°)要大10～15 $mg \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$。

另外,平叶、直叶的多少及其对光合强度的影响,与叶面积指数有关。在叶面积指数较小时,平叶多,能增加光合量,叶面积指数大时反之。平叶与直叶的上下分布对光能利用率有一定影响。叶面积小时,平叶或直叶对光能利用率的影响较小,叶面积指数较大时,以直叶在上为好。

除了叶的角度外,对与枝的排列分布与光能利用关系也很大。有的品种上下层枝条与叶柄的长短、角度配合适当,叶片互相镶嵌;另一些品种则上下枝叶重叠,一方面彼此遮光,另一方面造成空隙处漏光。例如棉花品种徐州58号,据刘汉中等1977年观察,枝叶分布较适当,上部第一果枝展开与主茎成30°角,第二层45°,第三层60°,第四层成用90°角,由于角度不同,叶片离主茎的水平距离也相互不同,另一品种冀邯5号,上部第一果枝展开与主茎成30～45°角,第2～4层叶均成90°角,使上下枝叶重叠。棉株中下部的光照,冀邯5号比徐州58约少30%。

选育株型紧凑的矮秆品种,群体互相遮阴少,耐肥抗倒,生育期短,形成最大叶面积快,叶绿素含量高,以提高光能利用率,也是目前的选种方向之一。果树则是通过修剪来调整株型和叶子的分布。蔓生蔬菜可通过整枝、吊蔓得以实现。培育光呼吸作用略低的品种,或用筛选法从光呼吸型植物中选择光呼吸很低植株,培育成新品种,也是提高光能利用率的一种途径。

(4) 改造自然与充分利用光能资源　我国生理辐射资源很丰富,据龙斯玉研究,大部分地区都在209 $kJ \cdot cm^{-2} \cdot a^{-1}$以上,最高值在青藏高原,大部分在314 $kJ \cdot cm^{-2} \cdot a^{-1}$以上,居世界的前列,若能解决热量不足问题,充分利用辐射资源而增产,是大有潜力的。海南岛生理辐射丰富,热水条件优越,生产潜力最高;藏南谷地、广东东部沿海,西昌、丽江、澜沧等地区仅次于海南。塔里木、柴达木盆地,赣江流域、邵阳湖盆地生理辐射条件均较好,前者如果解决灌溉水源,后者如果改良红壤,则可充分利用太阳能,都将成为高产区。

六、光照时间对作物发育的影响

1920年W. W. Garner和H. A. Allard发现,白天与黑夜、光照与黑暗的交替及其时间长度对作物开花有很大影响,他们把这种现象称为光周期现象。

(一) 植物按光周期反应的分类

1. 短日照植物　只有在光照长度小于某一时数才能开花,如延长光照时数,就不开花结实,水稻、大豆、玉米、高粱、粟、棉花、甘薯等原产热带、亚热带的植物属于此类。

2.

小麦、大麦、燕麦、豌豆、亚麻、油菜、甜菜、胡萝卜、洋葱、蒜、菠菜等原产高纬度的植物属于此类。

3. 中间性植物　这类植物开花不受光照长度的影响,在长短不同的任何光照下都能正常开花结实。如番茄、黄瓜以及水稻、大豆的某些特早熟种属于此类。也有人试验证实许多棉花品种属于中间性植物。

(二) 植物的感光性

在同一类型的植物的品种间,存在感光性差异。感光性的强弱一般有两个标准,第一表现在植物的"临界光照长度"上,所谓临界光照长度,就是可以使植物通过光照阶段而开花结实的光照时间的临界值。对短日照植物指其上限值,长日照植物指其下限值。对短日照植物来说,所谓感光性强,是指其临界光照长度短,感光性弱则临界值较长,长日照植物则相反。第二个标准是发育速度随光照时数而变化的大小。

(三) 光周期作用的发育期

植物的发育对光照时间的反应,也即植物对光照时间而言的感光性的有无与强弱,是随发育期而变化的。大多数作物在开花前感光,即光照时间影响植物开花的早晚,影响开花前的发育速度。但是从出苗到开花期究竟哪一具体时期感光,则随作物与品种而异。

(四) 光周期的其他影响

光周期还影响作物叶片的数目与大小,据 Warrinton 等 1982 年发现,光周期加长,玉米叶的形成与出现速率加快,增加 1 h 光照,平均增加 0.71 片叶,强光下作用尤为明显。当然长光照延长玉米的营养生长期也是使其叶片数增加的原因之一。据 Russell 研究,玉米品种 (Tehua) 在长日照下比短日照下叶片数大大增加,并认为总叶数是衡量光周期影响营养生长期的较好指标。

光照时间 (光周期条件) 对多年生树木也有一定影响,光照时间的长短在很大程度上决定其落叶、停止生长与开始进行耐寒性锻炼的时间。例如在我国东北地区,有些树木在夏秋一定日照长度下开始抗寒锻炼,可以抗严寒越严冬,当移到纬度较高的地区 (如圣彼得堡) 以后,在其生长期间日照时间较我国东北长,抗寒锻炼开始较晚,这样,虽然圣彼得堡严寒程度不如我国东北,却反而受到冻害。如果在北方夏季给予短日期处理,使其早做好越冬准备,南方树种就有可能在北方越冬。另外,北方植物如野生柳的开始落叶与一定日照长度有关,由北方南移,因南方日照比北方原产地短,使之提早落叶,因而生长量较小。如果人工延长光照时间,则在南方可以长得比北方更为繁茂。以上二例,均说明光周期对木本植物的习性有很大影响。

(五) 光照时间与作物引种

不同纬度与季节的光照时间不同,原产于不同纬度地区的作物与品种具有不同的光周期反应与感光性,所以在不同地区之间的引种工作中,应注意作物 (需要) 与地区 (实有) 之间光照时间的供求对应关系。一般引种工作,从光照时间考虑,应注意下列几点:

1. 纬度相近地区之间,因光照时间相近,引种成功的可能性较大。但应注意,从相同纬度来说,同一日期,两地光照时数应相等。但通常东西两地温度并不相同,如我国东部濒海地区春温比内陆低,较低的温度会使发育延迟,使后来两地作物的相同发育期出现于不同日期,由于日期

前后相错，所遇到的日照时数自然有了差异。

2. 对短日照作物来说，南方品种北引，由于北方生长季内日照时间长，将使作物生育期延长，严重的甚至不能抽穗与开花结实。为了使其能及时成熟，宜引用较早熟的品种，或感光性较弱的品种。反之，北方品种南引，由于南方春夏生长季内日照时间较短，使作物加速发育，缩短生育期。如果生育期缩短过多而影响了营养体的生长，将减低作物产量。为了向南引种的水稻保持高产，宜选用迟熟与感光性弱的品种或调整播种期，以便在季节上利用南方夏季相对较长的日照。

3. 对长日照作物来说，北方品种南引，由于日照时间短，将延迟发育与成熟，南方品种北引反之。从实际情况看，长日照作物的引种比短日照作物遇到的困难较少。因为如果不考虑地势影响，我国一般南方比北方温度高，长日照植物由北南引，温度高使之加快发育，光照短使之延迟发育，光温对发育速度的影响有“互相抵偿”的作用，南种北引类似。反之，短日照作物之南北引种，光、温对发育速度的影响有“互相叠加”的作用，因而增加了南北引种的困难。

4. 不同地区间引种，由于光照条件等的变化，使作物发育期出现日期发生了相应变化，应调整播种期，使作物各发育期，至少是关键期，与当地雨季及光、热供应最佳的时期有较好的配合关系。

5. 引种中，由于两地播期不同或温度不同而发育快慢有别，使引种后作物各发育期所遇到的光照时间，与原地相比，不一定始终较长或始终较短，它可能出现前期比原地光照长（短）而后期光照反而较短（长）的规律。

6. 在育种中也应重视光照影响。如举世闻名的墨西哥矮秆小麦与菲律宾的 IRRI 号水稻品种，多使其对光照不敏感，以便适应广大地区；巴西育出适应热带短日照条件而生育期不缩短、不致降低产量的大豆品种，使巴西成为世界新兴的大豆基地。产量短期内即超过大豆的故乡——中国。

（六）光周期与花期的调节

由于光周期影响某些作物的发育，所以对一些感光性强的作物进行人工延长或缩短光照处理，可以调节花期或成熟期，这种方法对经济价值高的花卉采用较多。如典型的短日照花卉一品红，一般在元旦前后开花，为了使其在国庆节期间开花，可提前 40～50 d 进行短日照处理（遮光），使每天光照缩短到 10 h 以下。对于另一类短日照花卉，如菊花，为了周年供菊，可分期分批进行长日照处理，以打破其秋季开花的习性，如为了元旦供应菊花（大菊花品种），可从 9 月初到 10 月 10 日止进行人工补光，这样，菊花可从 12 月中旬陆续开放；若长日照处理延长到 11 月中旬，则可供应早春市场。典型的长日照花卉——唐菖蒲，在长日照下才能进行花芽分化，可进行长日照处理，每天照光 14 h 以上，以改变其春夏开花的习性，提早到冬季即可供应鲜切花。

第三节　植物生产与温度

温度是植物生活的重要条件之一，一方面它直接影响作物的生长、分布界限和产量；另一方面，温度影响植物的发育速度，从而影响作物全生育期的长短与各发育期出现的早晚，而发育期出现的季节不同，遇到不同的综合条件，发生相当不同的影响与后果。温度还影响作物病虫害的

发生、发展。

讨论热量与植物的关系时,一般都用温度表示,因为用热量表示局限性较大,而温度比热量更能反映气候条件的综合影响。

一、植物与温度基本关系的指标

(一) 气温、土温和体温 (叶温)

在分析温度与植物的关系时,常采用气温;而对播种到出苗,对植物根系与块根、块茎植物等,常采用地 (土) 温资料分析问题。有时对水生植物等采用水温。对于进行无土栽培的经济植物,则应注重营养液的液温。

通常,气温与土温较能概括反映温度与生物的一般关系。原则上说体温最能较直接反映温度与生物关系,但过去因仪器只能测局部温度。且局部温度变化较剧,影响因子较多,很难找到较稳定的代表整体条件的温度,所以在实际工作中,采用体温为指标的较少,有时为了特殊目的,需要研究植物体温,特别是研究辐射平衡、热量平衡、光合、呼吸、蒸腾以及极端温度的危害等过程时许多问题直接与叶温有关。

同一环境温度下植株不同部位温度很不相同,对作物影响也会有很大差别。根据实测,在太阳辐射下叶温常高于气温,一般可高 3～5 ℃,有时甚至高出 10 ℃以上。阴天或荫蔽时叶温与气温接近。由荫蔽到曝晒 (或相反) ,叶温变化很快,几秒钟可变 10～20 ℃;雨后新晴,由于叶面水分蒸发,叶温低于气温;夜间叶温比气温低。

从 20 世纪 70 年代起用红外线温度表遥测植物叶层 (群体) 温度,这种方法现已相当普及,叶层温度与叶—气温差已渐成为广泛采用而备受欢迎的指标。

美国近年来利用卫星上仪器进行红外扫描,测定植株温度,从而预报柑橘等的霜冻,比根据气温预报进了一步;他们还根据小麦群体温度与气温差值同作物缺水的关系,预报小麦是否需水及所需灌溉量。日本 S. Kuraishi 等用红外线温度表观测了 126 种高等植物的叶温 (叶层温度) ,发现常绿林的平均叶温为 40.30 ℃,高于落叶林的平均叶温 (37.7 ℃) ,更高于针叶林的平均叶温 (36.4 ℃) ,他还发现旱年各类树木的叶温高于多雨的年份;且长期生长在高纬度的树林,其叶温低于长期生长在地位的树木的叶温,他认为可能叶温较高,能更好地适应暖温而缺水的气候条件。

(二) 三基点温度指标

对于植物的每一个生命过程来说,有三个基点温度,即最适温度、最低温度和最高温度。在最适温度下植物生长发育迅速而良好,在最低和最高温度下植物停止生长发育,但仍维持生命。如果温度继续降低或升高,就发生不同程度的危害直到致死。

植物生长的三基点温度与光合作用的三基点温度不同。以下限温度来说,有时在一定低温下植物不进行光合作用,但却有一定的生长。若就引起植物伸长生长的两方面因素即细胞分裂与细胞伸长来说,其下限温度彼此也不相同。山川与岸川等人研究,水稻根尖在 5～10 ℃的低温下难见根细胞的伸长,但却继续细胞分裂。

由于三基点温度随作物、年龄、发育期、生理状况、温度持续时间以及其他因子的影响而变化,所以它是一个温度范围。若对某类植物而言,其三基点更应是一个范围了。譬如 C_4 植物光

合作用的最适温度在30～40 ℃范围，而 C_3 植物在10～25 ℃范围。

关于三基点温度，常有这样的现象。即① 最适温度较接近最高温度，而较远离最低温度；② 最高温度虽不很高，多在30～40 ℃之间，但在植物实际生长中并不常见；③ 在作物生长中最低温度远比最高温度常见。所以对最低温度的研究相对说来较为重要。

(三) 受害与致死温度

温度高到或低到一定程度，将引起作物受害甚至死亡。植物因低温受害或致死，又常分为冷害与冻害两种情况，在冻结温度以上的低温危害称为冷害或寒害，而冻结温度以下的低温危害则称为冻害。

对冷害来说，一般指不耐寒的植物遇到了0 ℃以上的低温而受害。对其机制有不同说法，如扰乱了酶的活动与代谢机能，细胞内氧化作用受到阻碍而积累了有毒物质，糖分解消耗及引起了蛋白质的分解；原生质粘滞度增加，降低了它的透性等。

关于冻害的原因，概括地说，有几种论述，一是认为细胞间隙或细胞内结冰，随着温度的下降与冰量的增加，细胞脱水以至蛋白质凝固致死；二是认为由于冰的机械压力促使原生质凝固致死；三认为在速冻、速融过程中，质壁分离，破坏原生质致死。

热害，即过高温度的危害，一般比冷害、冻害较少遇到。过高的温度，一方面大大增加呼吸，限制 CO_2 吸收；另一方面可使叶绿素失去活性，并可阻滞光合作用中的暗反映，从而限制了光合作用。高温可使酶钝化，使细胞内蛋白质凝聚变性，导致花粉粒降低生活力，使植物体内产生有毒物质(如 NH_3 等)以毒害细胞。

二、温度对植物发育的影响

(一) 积温

1. 积温及其对发育的影响　应用积温计算植物发育期出现日期方法起源很早，1735年左右法国人 A. F. de Redumur 发现植物完成其一定的发育，要求相同的积温，1844年 Gasparin 提出谷物从种到收的日数与大于5 ℃的积温有密切关系。19世纪下半叶，科学家们相继提出了根据温度等气象因子计算植物发育期的公式，还找出了许多植物所需积温的指标(大多数用正积温)，此时已有人提出计算时应考虑温度上下限的订正问题，20世纪上半叶，很多学者研究与提出了许多植物开始发育的下限温度指标和进行下限温度订正的方法。

积温学说认为，尽管影响作物生长的因子是多方面的，但对作物(主要指一、二年生作物)的发育而言，在其他因子基本满足的条件下，温度起着主导的作用。

这里所说的生长是指量变，如作物株高与干物质的增长等；而发育指的是质变。即作物由种子经萌发、出苗到开花、结实，再形成种子的一系列质变过程。

既然温度对作物发育起主导作用，弄清温度与发育的具体关系，就可以通过温度预报发育速率，确定作物可能种植的季节与地区。

通常用积温来衡量发育速率，就是假定平均发育速率与作物该发育期最低(下限)温度以上的温度总和(即积温)为直线关系。即植物在一定的温度下开始其发育，为了完成其全生育期或某个发育期，要求一定的积温，或叫温度·日的总和。其表达式为：

$$A_t = N(\text{聊} - B_t) \text{ 或 } 1/N = \frac{\text{聊} - B_t}{A_t}$$

式中：N 为作物某发育期日数，A_t 为 N 天的积温，聊为 N 天的平均温度，B_t 为作物生长发育的下限温度，1/N 表示发育速度。根据(10)式，如果下限温度为 0 ℃，出苗到开花要求 600 ℃·日的积温，则平均温度为 15 ℃时，出苗到开花需 40 d，20 ℃时需 30 d。温度低发育慢，温度高则发育快，虽然地点、年代不同，其完成发育所要求的积温值应基本一致。

常用的积温有活动积温与有效积温两种。活动积温是作物在某时期内活动温度的总和，而有效积温是作物在某时期内有效温度的总和，一般可根据该时期的逐日的日平均温度予以计算。

所谓活动温度，以 ($t > B_t$) 表示，一般指大于生长下限温度的日平均温度。有效温度以 ($t - B_t$) 表示，它是日平均温度与下限温度之差。

总之，积温学说可概括为三点：① 在其他条件基本满足的前提下，温度对发育起主导作用；② 开始发育要求一定的下限温度；③ 完成发育要求一定的积温。

2. 积温的用途　① 作为作物与品种特性的重要指标之一；② 作为物候期预报、收获期预报、病虫害发生时期预报等的重要依据。也可根据杂交育种、制种工作中父母本花期相遇的要求，或根据商品上市、交货期的要求，利用积温来推算适宜播种期；③ 负积温的多少，有时可作为低温灾害的指标之一，因为它可以在一定程度上反映低温的强度与持续时间的综合影响；④ 高下限积温(下限温度 15 ℃、20 ℃)的多少对某些喜温与热带作物的正常开花结实与高产，往往是很重要的，它标志某些偏凉地区(如高原)热量资源的一个重要方面；⑤ 可采用日积温(度·时)来细致分析一天内植物生长发育动态与温度的关系。

（二）温度与光周期对发育的综合影响

有些作物的发育对光周期比较敏感，光周期对发育速率的影响与温度相当，或甚至超过温度的影响，常见的作物中，水稻与大豆属于这一类，特别是其中感光性强的品种。在此情况下，用积温公式计算发育速率时必须进行光照订正。

对短日照作物如水稻、大豆等，在短日照下加速发育，其完成发育所需的积温减少，长日照下反之。根据这种特点，有人提出用光温比值来衡量不同地区与季节的作物发育速度，即用平均光照时数去除积温，这样订正可使数值稳定一些。

对于长日照作物如小麦，在长日照下发育加速，完成发育所要求的积温较少。

（三）休眠期中温度与发育的关系

许多植物的种子或植株，在其发育过程中常有一段休眠期，为了打破休眠而继续发育，它们要求足够时间的一定的温度等条件，不少植物为了打破休眠常要求较低的温度。这种特殊情况与积温学说关于温度高则发育快的假定是有出入的，在研究温度与发育的关系时，对此不容忽视。譬如牡丹，若想使其在国庆节期间开花，需要提前 50 d 在冷库中以 0 ℃以下的低温处理两周，使其通过休眠期，然后移到相当于春天的温度下，并逐渐升温。不打破休眠而一味高温催花是不能成功的。若希望其元旦开花，也要在秋季落叶后进入低温处理以打破休眠。小麦等在春化阶段也要求一定时间的低温。

三、温度对植物生长、产量和品质的影响

（一）温度对发芽、出苗与生长的影响

土温对种子发芽、出苗的影响无疑比气温直接得多，故一般用土温做指标较为确切。实际工作中土温与气温都被广泛采用，故要注意二者的差别：

1. 在春播时以5 cm土温论，比气温高2 ℃左右（候平均），故如果某作物以气温12 ℃为播种的温度指标，改用土温时应提高2 ℃，应改为14 ℃。

2. 土温受具体地块的地形、坡度、土壤水分、耕作条件、天气与作物覆盖等的影响而千差万别，显著时，相邻两块地仅因土壤水分不同，表层土温可相差3～5 ℃，故根据土温确定播种期时要注意这种差异。

3. 土壤不同深度的温差明显，特别是白天温度。如春播时3 cm与5 cm，5 cm与10 cm土温的差值，以日平均温度论，差值常不到1 ℃。但白天，特别是中午，晴天时它们之间可差到2～4 ℃或更多，所以播种深度对发芽出苗的快慢影响很大。

（二）温度对产量和品质的影响

上面所述温度对作物生长发育的各种影响，最终都会影响到产量。以小麦等作物为例，既要有足够的苗数、穗数、粒数，又要有大的粒重，才能综合形成高的产量，这就涉及各个时期的温度条件。不同时期作物对温度的要求与当地温度的季节性变化之间的良好配合关系对产量的形成是至关重要的。

灌浆期处于适温范围的时段的长短，对小麦千粒重与产量形成有很大影响。如果单看小麦抽穗到成熟期的气温日较差数值，拉萨为11.9 ℃，北京为13.5 ℃，拉萨的日较差比北京小，所以拉萨小麦千粒重比北京大，不能像通常那样，简单地用日较差解释。据中国科学院李继由等研究，北京该期间最高气温为28.8 ℃，最低气温为15.3 ℃，拉萨最高为21.7 ℃，最低为9.8 ℃。北京日较差虽较大，但最高温度超过了小麦的最适温度指标，故反而不利。如果以白天（7到19时）照光条件下的温度15～24.9 ℃为光合作用的适宜温度范围，拉萨每天有9.7 h温度处于这一范围，而北京只有6.9 h；高于适温（>25 ℃）拉萨为0.1 h，北京为5.7 h，低于14.9 ℃拉萨为3.6 h，北京为0.4 h。这样具体分析，可见拉萨的温度日变化有利于加强光合作用与减少呼吸作用，是小麦千粒重大的原因之一。

青海柴达木盆地香日德农场1978年春小麦创亩产1 013.05 kg的纪录，千粒重大是其高产的重要原因之一。从灌浆时期的平均温度日较差看，与北京相近。主要因其温度范围较适宜，旬平均气温约16～14 ℃，白天温度不超过灌浆最适温度，夜温低，呼吸消耗少，且适当的低温使灌浆日数几乎比北京长一倍，叶片寿命长，病虫害少，这些都是极为有利的。这一事例再一次说明，在分析农业气象问题时，不能简单地只比较两地温度日较差数值的大小。当然香日德高产原因是综合的，这里只谈温度而已。

温度对作物产品品质有着多方面的影响。其中温度日变化有着重要作用。如草莓在形成甜味与红的颜色时要求中等或较高的温度，但在形成草莓特有的香味时要求10 ℃左右的温度。这种较低的温度，在春天第一茬生长时，清晨或夜间可以遇到，故第一茬生长的草莓较香，在以后的几茬中，由于当地日平均温度增高，虽有一定的温度日变化。但满足不了草莓对低温的要求，因而香味较差。

温度日变化还常和其他气象要素的日变化结合，对作物品质发生综合作用，如白天温度高时，往往有较强的光照，利于光合作用，夜间温度较低，减少呼吸与蒸腾消耗，使有机物质累积较快，所以在温度日较差较大的地区，瓜果含糖量高，高产优质，甚为有利，哈密瓜与吐鲁番葡萄的

香甜举世闻名,产地温度日较差大是其重要原因之一。

四、农业措施对温度的影响

在农业生产中常采用措施调节土温与气温,以保证作物生长的适宜温度条件。常用的措施有灌溉、松土或镇压,垄作或沟种等,它们通过改变热量平衡与土壤热特性 (如热容量与导热率等) 以调节土温和气温。

(一) 灌溉对温度的影响

在温暖季节与时期的灌溉主要引起降温,寒冷季节可以保温。一般对土温 (10 cm) 来说,冬水保温效应可有 1 ℃左右,夏季灌溉的降温效应可达1～3 ℃,具体效应的大小,因天气、土壤、植物覆盖以及灌溉水量、水温与面积等条件而异。对贴地气层气温的影响随高度而异,对 1.5～2.0 m 高来说,一般效应不到 1 ℃,靠近地面可较大。北方冬灌保温的主要原因是灌水增加土壤热容量与导热率,暖季浇水降温则主要是增加了蒸发耗热。

冷暖过渡季节灌溉的温度效应与蒸发条件有很大关系。而温度高低直接影响蒸发。当日平均温度为 0 ℃或略低时,白天温度高可使灌溉地因蒸发多而降温,夜间温度低抑制蒸发,灌溉地可发挥保温作用。至于灌溉后日平均土温是增还是降,则决定于昼与夜的降温与保温中那个效应更强,而这又决定于零上、零下温度的持续时间与强度的对比。这种过渡季节对北京平原地区来说,约出现在早春 2 月中、下旬。在这过渡时期,如果小麦返青水或补墒水时机适当,可使浇后不立即降温,而有一段时间以保温效应为主,其效应可达0.5～1.0℃。同理,冬灌在初冬以降温为主,渐变为以升温为主。整个冬季冬灌地维持保温效应,但华北南部,有些个别日子由于天气转暖,冬灌地短暂反比未灌地温度偏低,即出现降温现象,如山东掖县就有这样的记载。春暖后如果冬灌地水分仍较多,将变为以降温为主。南方则冬灌在整个冬季以降温为主。

浇水除直接影响温度的高低外,还可缓和温度变化。如冬灌可以稳定地温,防止越冬作物受害。

(二) 松土与镇压对土温的影响

1. 锄地 (松土) 对土温的影响　锄地的作用是综合的,可有增温、保墒、通气及一系列生理生态效应,仅就温度效应来说,锄地 (包括楼地) ,如果质量高而条件适宜,可使暖季晴天土壤表层 (3 cm) 日平均温度增高约 1 ℃,最高温度增高 2～3 ℃或更多。锄地增温的主要原因,一是切断土壤毛细管,撤掉表墒,减少了蒸发耗热,二是使锄松的土层热容量降低,得到同样的热能而增温明显,三是使锄松的土层导热率低,热量少往下层传导,用于本层增温。

2. 镇压对土温的影响　镇压的作用与锄地相反,它能增加土壤容重,减少土壤孔隙,增加表层土壤水分,从而使土壤热容、热导率都有增加。据南京农业大学观测,从地表到15 cm 深度土壤热容的相对数值,镇压后增大 11%～14%,热导率增加 80%～260%。土壤经镇压后,白天热量下传较快,使土壤表层在一天的高温期间有降温趋势;夜间下层热量上传较多,故在一天的低温期间可提高温度,即缓和了土壤表层温度日变化。如河南偃师县早春测得 5 cm 与 10 cm 深度土温日变幅,镇压的比未镇压的小 2.2 ℃。镇压过的耕地,夜间土壤表层不易结冻。此外,镇压可以消灭坷垃与土壤裂缝,防止因风抽造成越冬作物的死亡。

(三) 垄作对土温的影响

在一年的温暖季节,垄作可以提高土壤表层温度,有利于种子发芽与幼苗生长,一般可提高垄背土壤(5 cm)日平均温度1～2 ℃,并加大温度日较差。寒冷季节垄作反而降温,有的地区利用垄作秋季降温作用防止马铃薯退化。

1. 暖季垄作增温的原因　① 垄背的反射率比平作平均低3%,对散射辐射之吸收略高于平作。但午后至夜间有效辐射也略高于平作;② 垄面有一定坡度,在一定时间,对一定部位,特别是靠垄顶的部位可较多得到太阳辐射。垄顶在一定时间遮挡了垄沟的阳光,在太阳辐射的分配上,垄上比平地多,平地比垄沟多,故使垄上增温,垄沟降温;③ 垄上土壤水分少,因而蒸发耗热较少;④ 垄上土壤水分较少,因而垄上土壤热容量与导热率较小;⑤ 在施行免耕法的地区,前茬作物的秸秆(轧碎)可集中在垄沟,垄背温度比平作秸秆平铺者高。

2. 影响垄作温度效应的条件　① 天气条件的影响。晴天垄作增温,阴天则不明显,在垄面较干而蒸发强度与平作相近或较小时表现为增温。如果垄面潮湿,由于垄的表面积比平作大,蒸发耗热多,可能反而降温;此外,风促进蒸发与乱流交换,也影响增温效应;② 垄向的影响。一般南北垄比东西垄增温效应略好,在温度的时间与空间分布上,也以南北垄较为均匀。南北垄主要在上下午太阳辐射垂直于垄的东面与西面时有利于增温,东西垄主要在中午前后太阳辐射较直射垄的南面时增温明显,故最高温度常比南北垄高,日较差也较大。东西垄的南北两面温差较大,而南北垄的东西两面温度较对称;③ 季节与纬度的影响。如前所述,垄作在温暖季节增温,寒冷季节可降温。另外,温度效应与不同季节作物生长情况有关,一般在春季播种、种子发芽出苗与幼苗生长时,垄作的增温及其对作物的影响较大。到作物长大覆盖地面后作用减小。

纬度的影响一般以中高纬度温暖季节比低纬度垄作效应明显,这与太阳高度角的大小与昼夜长短有关。关于纬度与垄向选择的关系,有人认为中纬度垄向选择的效应最明显。认为寒带太阳高度角低,且多云,使漫(散)射比例较大,而漫射在不同方向强度较一致,使不同垄向的温差减小;热带一则增温不是主要问题,二则太阳高度角较大,缓和了不同垄向的温差。

此外,垄的大小、高低、形状、松紧与种植方式(单作或间套作等)、作物种类等,都影响垄作的温度效应。垄作与加沙、加粪等措施结合,能提高增温效应。

与垄作相反,沟种在寒冷季节保温,在温暖季节降温,沟种也是农业上常用的调节温度的重要措施之一。

第四节　植物生产与水分

生命是在水中发展的,水又是生化过程进行的必要介质。原生质只要有水时才表现出生命的各种信号;当其干燥时,即便不死,生命过程至少也进入失活(半死)状态。

植物体的组成主要是水分。原生质平均含水80%～90%,甚至富含脂类和蛋白质的细胞器,如叶绿体和线粒体,也含有50%的水分。肉质果含水量特别高(为鲜重的85%～95%),软叶(80%～90%)和根系(70%～95%)也是如此。植物含水最少的部位是成熟的种子(通常10%～15%);某些脂肪含量高的种子仅含5%～7%的水分。

一、植物细胞中水的形态

植物细胞的水分有几种形态:一是被原生质束缚的成分,以束缚水的形态与离子、溶解的有机物和大分子相结合,填充于原生质和细胞壁的细微结构之间;二是以贮藏水的形态贮存于泡囊和液泡中;最后是在细胞空隙之间及木质部和韧皮部系统的输导单元中间作输导介质的间隙水(维管水)。

(一)束缚水

按照水的偶极特征,水分子以蜂团状聚集在极化的表面。与水分子大小相同的强电荷离子对水的结合更加牢固,离子电荷越大,则离子半径越小。水分子通过静电力被紧密地束缚在离子表面。类似情况也存在于蛋白质分子和多糖的表面。水分子与极性基(羟基、竣基、氨基)相结合,并形成几层结构水;离极性基越远的水分子越容易被置换。束缚水虽然仅占细胞水总量的5%～10%,但这个数量对生命来说是绝对必不可少的;束缚水的微量减少足以引起原生质结构的重大变化。

大多数束缚水通过毛管力被束缚在原生质和细胞壁中。植物细胞壁以1.5～15 MPa的拉力保持水分。这种拉力取决于纤丝的密度。

(二)贮藏水

最容易转移的水是已特化为溶液贮存器的细胞区隔中的水。存在于叶中一半以上的水以这种方式贮藏。但这种水也不是完全流动的,因为它必然渗透结合到溶性物质中,诸如糖、有机酸、次生植物物质和离子。

(三)植物的水势

影响原生质生化活性的是水的热力状态学而不是水的总量。细胞中的水的热力学状态可以和纯水的化学式相比较,其差额用势能表示。相对水势的是将结合水升高到纯水势能水平而需要的功。水势的大小以单位质量的能量($J\cdot kg^{-1}$)或单位体积的能量表示,并可通过关系式$1\ J\cdot g^{-1}=1\ MPa$转换成压力。

溶液中的水分是渗透结合的,只有在增加能量时才能变成有效性水分。渗透水势低于纯水水势,所以它总是负值。结合进胶体和亲水表面的水也是一个负势能,即衬质势。如果将水置于压力之下,它的自有能增加,相对于非加压水,压力势是正的。关于纯水的水势,水的有效性可用水系统的水势(细胞的、细胞间隔的或外部溶液的)来表示。此意义在于,所考虑的系统的负水势越大,水的有效性就越小。

二、土壤水分与植物的蒸腾作用

陆生植物地上部分不断地通过蒸腾作用将水分释放到空气中去;所丧失的水分需要从土壤中加以补充。蒸腾作用、水分吸收以及从根系到蒸腾表面的水分输导,是水分平衡中几个不可分割的连续过程。空气的蒸气压亏缺是蒸发的驱动力,而土壤中的水则在水分供应上起着决定性作用。水分平衡是动态平衡,依靠持续水流来维持。

(一)植物对水分的吸收方式

植物的整个表面都可吸收水分,而水分供应的绝大部分来自土壤。在高等植物中,水分吸收是通过特化的吸收器官根系来进行的。低等植物没有根系,因此它们依靠地上器官直接吸收水分。例如在附生植物的凤梨科(Bromeliaceae)中,绝大部分的水分供应是经由特化鳞片的吸胀作用而进入的。

在高等植物的根系中通常产生十分之几 MPa 的负水势,但这已足够它从大多数的土壤中吸取大部分毛管水了。在土壤水势降到仅为 −0.2 MPa 时,根系能够吸收贮存于沙质土中 2/3 以上的水;壤质土因其孔隙细小,故持水能力更为牢固,它仅能把一半的毛管水给予仅有 −0.6 MPa水势的根系。在限定范围内,某些植物能通过有效地降低其根势来获得更多的水。水生植物(即局限在永久湿润生境的种)根系的水势最低能到 −1 MPa,湿润地区的作物最低到 −1～−2 MPa,中生植物最低到 −4 MPa,而生长在干旱地区的植物(旱生植物)最低到 −6 MPa。对林木而言,−2～−4 MPa 被认为是极限。

根系通过向水源的生长不断发生反应。随着土壤逐渐变干燥,部分根系会死亡并干枯,与此同时其他部位又会继续长出数米长和分枝众多的根。根连续生长的一个重要先决条件是植物能否做到充分利用土壤中的水分。在浅薄的、紧密的和潮湿的土壤中,根系的生长和扩展受阻,而在冷土中生长延缓。在这种土壤上,对植物供水不良的主要原因是根不能充分生长。

很显然,植物的水分利用率不能单以土壤参数作为判定基础。尽管土壤中水分可利用程度的常规阈值(如"永久萎蔫点")一直为农业决策、为生态生理学和地植物学的田间调查提供了有用的准绳,但植物的水分状况也应当记录下来。为了这个目的,在稳态条件下(如黎明前的水势)或者在蒸腾被人为抑制时的叶水势是特别有用的信息,因为它大致与根际的水势相一致。

(二) 植物的蒸腾作用

土壤与大气间的植物水势梯度(土壤—植物—大气连续区)中,植物在土壤与大气之间架起了陡峭的水势梯度。由于植物枝叶暴露于空气的蒸气压亏缺中(即一个低水势),贯穿植物的水流被开动起来。最陡的水势梯度在嫩枝表面和干燥空气之间。植物的蒸腾作用是土壤—植物—大气连续体中水分运动的基本动力。

蒸腾作为一个物理过程　植物的蒸腾依照控制水分从湿润表面蒸发的定律而进行。整个植物的外表面以及与空气接触的内表面都可以蒸发水分。在菌藻植物中,叶状体的外表面就与蒸发有关,而在维管植物中,表面蒸腾通过角质层表皮(角质层蒸腾)与栓化表面(周皮蒸腾)而发生。在植物器官内,水分从与胞间气隙相邻接的细胞表面进行蒸发。在此,水分首先由液相转变为气相,随后水汽通过气孔排出(气孔蒸腾)。蒸气从植物表面扩散到边界气层,并由此而进入开阔的空间。

蒸腾作为一个扩散过程　水汽通过扩散与大量流动从植物组织中逸出(由于环境与胞间空气间的压力差)。假如蒸腾被认为是一个扩散的过程,则蒸腾速度(T_r,以流量 J 表示)由以水汽压力差(ΔC)与水汽导度(g)的乘积来得出。蒸腾速度以流速值($m \cdot s^{-1}$)或摩尔流量值($mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)表示。

$$J = g \cdot \Delta C$$

蒸腾速度以单位面积(就叶而言、通常指总叶面积,上面与下面)和单位时间的失水量表示。

水汽传导(g)是扩散阻力("蒸腾阻力")的倒数。对叶片来说,水汽的扩散阻力是边界层阻力与表皮叶阻力之和。表皮叶阻力(r_l)包括水汽的平行阻力、气孔阻力(r_s)和角质层阻力(r_{cut})。

因此

$$\frac{1}{r_l}=\frac{1}{r_s}+\frac{1}{r_{cut}}$$

蒸腾作用的生理控制　只要气孔的开放度不变，即只要气孔维持一固定的开放度或稳固地闭合时，蒸腾作用才严格地取决于影响蒸发作用的物理条件，只有在这些条件下，失水量与空气的蒸发力成正比。植物调节气孔开放的能力使之能够调节蒸腾的速度，以适应其水分平衡的需要。气孔开放的数量变化可通过气孔计测定。

三、空气湿度与植物的关系

(一) 空气湿度影响植物蒸腾

空气相对湿度的大小是影响植物蒸腾与根系吸水的重要因子之一。相对湿度小，植物蒸腾较旺，吸水较多。在土壤水分充足的条件下，蒸腾旺盛可以增加植物对水分和养分的吸收，从而加快生长。所以，在一定程度上，空气相对湿度较小对作物是有利的。据有人试验，在空气饱和湿度下植物的生长受到抑制，谷物子粒的灌浆速度也降低，这是因为湿度大抑制了蒸腾的缘故。相对湿度太高还影响作物成熟时的脱水过程，延迟收获，降低产品质量，并影响贮藏。反之相对湿度太小，可能引起空气干旱，特别在气温高、土壤水分缺少时，影响尤重。它破坏作物的水分平衡，使水分入不敷出，阻碍生长，造成减产，干热风就是典型的例子。

空气湿度可直接影响植物的气孔开关。原来认为增加空气饱和差则使蒸腾增加，而蒸腾的增加使得叶水势降低，从而增加气孔阻抗，最终导致蒸腾的减少，有人称这种过程为反馈作用。现在有人提出，除反馈现象外，还有前馈作用，已在100多种植物中发现这种前馈作用，它指当空气饱和差增加，在叶水势减少之前，直接地减小了蒸腾。Schultze 1972年在以色列发现叶—气饱和差增加直接减小了杏树的蒸腾，反而引起了叶片含水量的增加。Kaufmann 1979年发现叶—气饱和差增加，直接增加云杉树苗的气孔阻抗，在大气蒸发力增加时，实际蒸腾却减少了。

(二) 空气湿度的其他影响

相对湿度是影响棉花蕾铃脱落的综合条件之一，持续高温将加重脱落。棉花品质与采收时的空气相对湿度有关，湿度低则质量较高，国外有人以相对湿度小于50%为采摘的临界条件。

有些植物开花受粉与相对湿度关系密切，板栗如果相对湿度太低(小于22%)，未成熟的花粉因花药变干而提前散落，此时雌花未熟，致使板栗不实。相对湿度高(如大于45%)则白栋成熟的花药囊关闭不开，因而可以起保护作用，避免大雨洗去花粉或使花粉吸水涨裂。

湿度对病虫害影响很大，各种病害有其发病的湿度指标。如马铃薯疫病需要48 h温度大于10 ℃，在此温度下，如果相对湿度大于75%则有利于发病。相对湿度日变化的大小对发病也有影响。

空气湿度影响蒸发，从而影响喷水后降温的快慢，在喷水防霜冻时需考虑这一点，即露点温度低时，开始喷水的指标应相应提高。如19时后发生霜冻而对葡萄喷水防霜，着露点大于−3.3 ℃，应于1.1 ℃开始喷水，若露点为−8.9 ℃，则应于3.9 ℃开始喷水，以防喷水后降温而低于冻结温度。

四、植物的水分平衡

植物水分平衡所包含的基本过程是水分吸收、水分输导和水分损失。只有这些过程的速度被适当调节时——至少在长期中,维持一个令人满意的水分平衡才是可能的。水分的吸入和输出如何很好地配合,可以从已知时间间隔内植物吸水的数量与蒸发失水数量的比较中看出。吸收作用与蒸腾作用间的差即为水分平衡,它表示了任何偏离平衡的方向与大小。当水分吸收不能满足蒸腾的需求时,平衡即变为负值。如果气孔开度因这种水分亏缺而缩小,则蒸腾作用减弱而吸水却无变化,故水分平衡在暂时变为正值以后又恢复到原状。

(一) 水分平衡状态的指标

水分平衡可从水分吸收和蒸腾的定量测定而计算出来。然而,在田间条件下获得必要的测定仍是困难的,并且也是不精确的。在根系吸水情况下,这就适用于一种特定的等级。所以,通常是通过它对植物的含水量或水势的影响,而对水分平衡做出间接的估计。一个负的平衡总是表明植物组织的膨胀度和水势的降低。

1. 含水量的变化作为水分平衡的一个指标　水分亏缺可通过重复测量叶或枝条的其他部位的含水量而得到证明。在已知时间内的实际含水量(W_{act})必须根据标准度量而做出,诸如,饱和条件下叶的含水量(W_{sat})。在任何特定观察时间的含水量可以用相对含水量(RWC)表示,相对含水量是一个饱和含水量的百分率:

$$\mathrm{RWC}=\frac{W_{act}}{W_{sat}}\times 100\%$$

水分亏缺的度量是水分饱和亏缺(WSD)。水分饱和亏缺表示一组织同完全饱和状态相比较时缺少多少水。

$$\mathrm{WSD}=\frac{W_{sac}-W_{act}}{W_{sat}}\times 100\%$$

2. 水势的变化　含水量的波动影响细胞液的浓度和细胞的膨压。当水分平衡为负值时,渗透势也就升高。然而,渗透势 ψ_r 不仅因含水量的变化而改变,而且还随渗透调节过程而改变(液泡中糖、脯氨酸和离子的累积)。作为水分平衡状态的一个指标,风的实际值与它的最适值(即蒸腾与吸水处于平衡时)相似,也与极端水分亏缺条件下的渗透最高值相似。

(二) 植物群丛的水分平衡方程

植物群丛以及通过其根系伸入土壤的水分平衡状态可用水分平衡方程式表示。在简单假定降水是植被唯一的水分输入,并假定不存在侧向流入的情况下,数年以及数十年平均时的水分输入(平均总降水量,P_r,单位 mm)可由植物和土壤的蒸发(蒸散失水,L_E)以及经由土壤的地面径流和渗漏(L_{RP})计算出来。但在较短时期内,由于有时降落雨水会多于蒸散、径流和渗漏,或由于有时降水不足以满足植物的需求时,则生态系统中的贮水量会增加(+ΔW)或减少(−ΔW)。为此,水分平衡方程式是:

$$P_r=\Delta W+L_E+L_{RP}$$

在水文文献中,ΔW被认为是仅包括土壤的贮存水分,即毛管水和可利用重力水的数量。在温带,融雪或春雨后土壤的含水量最高,夏季期间的含水量通常稳定下降,尽管由于降雨会偶尔

得到补充,直到夏末时会达到最低点。然后,尤其在干旱地区的秋雨期间才使贮存水量得到补充,历时数周的过程,直至较深层土壤完全湿透为止。

五、提高水分利用率的途径

(一) 水分有效利用率

植物蒸腾与裸露土壤蒸发之和称之为农田蒸散。农田蒸散单位质量的水分所制造的干物质重量,则称为水分有效利用率,即:

$$U_W = Y/E_T$$

式中:U_W 为水分有效利用率,*Y 为单位面积上收获物的干物质量*,E_T 为该面积上的蒸散量。水分有效利用率高,即蒸散一定水量所收获的干物质多,表明用水经济。

在干旱时,由于气孔阻抗增大,气孔关闭所引起的净光合速率的下降大于蒸散量的下降,因而导致 U_W 的下降。气孔关闭使叶温升高,加大了叶片与大气间的饱和差,从而增大蒸腾,这种作用可部分的低场由于气孔阻抗增加而减少蒸腾的作用,但对 CO_2 交换来说,则没有这种补偿作用。总之,在干旱时净光合速率的减少大于蒸腾速率的减少,是水分利用率下降的主要原因。

(二) 提高水分利用效率的途径

常用的农业技术措施如灌溉、种植方式(密度、行距、行向等)、屏障、覆盖、染色、作物与品种配置等,都对水分有效利用率有一定的影响。

1. 灌溉　灌溉的时期与方式对水分有效利用率的影响很大,在水分临界期灌溉比其他时期灌溉收效更高,据报道玉米在吐丝到雄穗发育 4～8 d 缺水,可减产 40%,此时灌溉增产效果最高,换言之,即水分有效利用率高。

灌溉方式对水分的利用率影响也很大。B. D. Doss 对比玉米每天少量喷灌 (2.5～7.5 mm) 与定期地面灌水等方式,发现前者多耗水一倍,而玉米产量反而降低,显然后者水分有效利用率高。这不是否定喷灌,只是说明该喷灌方式不好。另据报道,在干热风是微量喷灌调节空气湿度,对马铃薯有良好效果。所以研究灌溉与水分有效利用率的关系,必须注意气候背景。

2. 种植方式(密度、行距宇航相等)　许多研究证实,窄行距利用水分较经济。据 E. W. Chin Choy 研究,高粱生育中期,晴天、西南风、土壤缺水时,窄行的蒸散从未超过宽行的 1.3 倍;在孕穗期与中度缺水时,窄行的蒸散反而小于宽行;后期,特别是大风时,宽行可能因为粗糙度大,有较大的乱流,宽行用水比窄行多。总的说,在生长季中宽行用水 256 mm,窄行只用水 231 mm。但在干旱时情况不同,如 Brown 指出,在中等干旱年,旱地高粱的适宜行距为 25～50 cm,在特旱年的适宜行距为 100 cm,且密度小一些为宜。据 G. M. Aubertin 等对玉米的研究,在同密度下以 50 cm 行距比 100 cm 行距多吸收与利用能量,但土壤水分有限时 50 cm 行距密度 (7.5 万株·hm^{-2}) 的,每天上午 10 时以后严重萎蔫,二通密度 100 cm 行距则很少萎蔫或不萎蔫,甚至最热时也如此。

至于行向,有人研究以 107 cm 行距东西行向玉米的水分丧失明显的比南北行向高,水分利用率最低,东西行与南北行总产量无明显差异。但耗水 1 mm。东西行玉米 1 hm^2 只收获 18.5 kg的产量,而南北行收获 20.3 kg 产量,因东西行向收入较多的净辐射,导致更多的水分丧

失，且因其有较多的辐射照到了行间地面所致。于此可见，研究行向时不能只看辐射能的分布与收入，还必须重视水分利用率问题。

3. 风障　有人认为风障减少蒸腾时期最有力的效应，也有人认为旱年风障减少水分消耗，而充分灌溉时风障内外耗水无差异，干旱时风障下灌溉的大豆甚至加大了水分消耗。

利用风障减少蒸散的原因是：减少风速、加大空气阻力，使水汽输送缓慢，且风障内空气湿度加大。

风障加大蒸散的原因是：减少气孔阻抗，增加温、湿度梯度，风障内植物一般长得旺而叶面积大，增加了蒸腾面，且增加了粗糙度，正负两方面的作用往往相抵。只有在有明显平流显热时，风障减少乱流交换，从而明显减少风障内的水分消耗。如 Rosenberg 在典型的有风日测得白天风障外大豆蒸散 8.0 mm 水分，而风障内只蒸散 7.3 mm 水分。

研究水分有效利用率时，除蒸散外，还要考虑产量的影响。风障减少乱流交换，固然减少白天群体内 CO_2 的浓度，但又能减少气孔阻力。其保持气孔张开的有利作用可以抵偿 CO_2 浓度小的不利作用，结果，在常缺水的条件下，反而使光合速率增加而增产。

据 Brown 研究，在一般风速下，风障不影响气孔阻力，只在锋面过境的大风下，特别是大而干的风速下，风障可是气孔阻力比对照地少 6%，光合速率增加 6%～26%，从而有增产效果。

总之，在一般情况下，风障不改变植物的水分有效利用率，在有大风与平流显热时，可明显提高水分利用率，少耗水而增产。

4. 染色与覆盖　改变植物的光学性质可以提高水分利用率。通过在植物表面喷商品染色剂，增加反射率，减少辐射差额，从而减少水分消耗。如 P. C. Doaiswamy 等对大豆喷高岭土，总反射率增加 8%，净辐射减少 8%。但喷了高岭土后，主要反射的是可见光部分（380～760 nm），因而影响了光合作用，故得不偿失。

至于小面积上覆盖物，自然可减少蒸发，用干面土、砾石与干草作覆盖物进行比较，以干面土防蒸发效果最好，特别是在有风时效果尤为显著。由此可见，锄地时将表面土打碎成干土面，对保持土壤下层水分有显著作用。但也有人认为用小石子（2～5 mm）覆盖效果更好，可能与用法和条件有关。

5. 植物种类的选择　根据长谷川等人的研究，不论干湿条件，C_3 植物比 C_4 植物的蒸腾率更大。在太阳辐射为 1.05 $J\cdot cm^{-2}\cdot min^{-1}$ 和风速 4 $m\cdot s^{-1}$ 下，对 7 种 C_3 植物与 19 种 C_4 植物进行比较，C_3 植物在 40% 相对湿度下蒸腾速率为 5.17～3.09 $g\cdot dm^{-2}\cdot h^{-1}$，$C_4$ 植物为 2.83～0.94 $g\cdot dm^{-2}\cdot h^{-1}$；在 80% 相对湿度下 C_3 植物的蒸腾速率为 3.08～2.09 $g\cdot dm^{-2}\cdot h^{-1}$，而 C_4 植物只有 2.21～0.64 $g\cdot dm^{-2}\cdot h^{-1}$。

据 I. D. Teare 研究，高粱（C_4）的气孔阻力为大豆（C_3）的三倍，高粱有将近大豆二倍的根量，尽管高粱的根多，由于蒸发量小，土壤中贮藏的水仍比大豆多。从拔节到抽穗，高粱的水分利用率将近为大豆的 3 倍。由此可见，针对不同气候特点而选择适宜的植物种类，是可以有效利用水分而获得高产的。长谷川等也认为，应根据 C_3 与 C_4 植物对水分要求的不同而考虑其地理分布问题。

提高水分利用效率的其他方法还很多，如农田基本建设，合理施肥等等。

第五节　植物生产与大气气体成分

如前所述，大气为植物的生长提供了生存空间及适宜的环境，同时也是植物的生长发育的物质能量源泉。众所周知，大气是由多种气体混合而成的，关于大气中的水汽（空气湿度）与植物生产的关系已作了简要介绍，在此主要讨论另一个气体成分——CO_2 时空变化对植物生产的影响。

一、大气中 CO_2 浓度变化的趋势

近几十年来，大气中 CO_2 摩尔分数不断增加，年增加率大于 1.0 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，甚至大到年增加 1.5 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，据对格陵兰冰核中 CO_2 的测定，2 万年前大气中 CO_2 摩尔分数为 205 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，1 万年前为 280 $\mu mol \cdot mol^{-1}$。据分析，工业化前期的 1860 年 CO_2 摩尔分数为 274 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，到 20 世纪 50 年代的 316 $\mu mol \cdot mol^{-1}$。1983 年 WMO 宣布大气中 CO_2 摩尔分数已达 340 $\mu mol \cdot mol^{-1}$。据夏威夷 Maunaloa 观测的数据，年平均 CO_2 摩尔分数 1983 年为 342.7 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，1984 年为 344.4 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，而 1985 年为 345.6 $\mu mol \cdot mol^{-1}$（据 NOAA）。大气中 CO_2 摩尔分数的变化情况见图3－4。

据 A. Weinberg 估算，地球上石油、煤炭等资源中约有 4 130×10^9 t 碳，假如全部燃烧而一半留在大气中，CO_2 浓度将增加 4 倍，这是难以忍受的。预计如不加控制，比工业化早期的 290 $\mu mol \cdot mol^{-1}$ 增加 1.5、2.0 与 3.0 倍（即 435、580 与 870 $\mu mol \cdot mol^{-1}$）的年代分别为 2007、2045 与 2075 年。所以问题是严峻的。如果努力减少化石燃料的燃烧，有可能将 CO_2 浓度控制在 100 年增加 1 倍的程度。CO_2 浓度的加倍，据模式估算，将使地球平均温度增加 2 ℃，甚至 3 ℃。据考察，近万年中气候经历了暖期与小冰期，而北半球平均温度的变化，仅在 2 ℃以内，由此可以预计，地球平均温度增加 2～3 ℃，将对农业带来巨大影响。当然 CO_2 浓度的增加，还将直接影响植物的光合作用与生产力等。

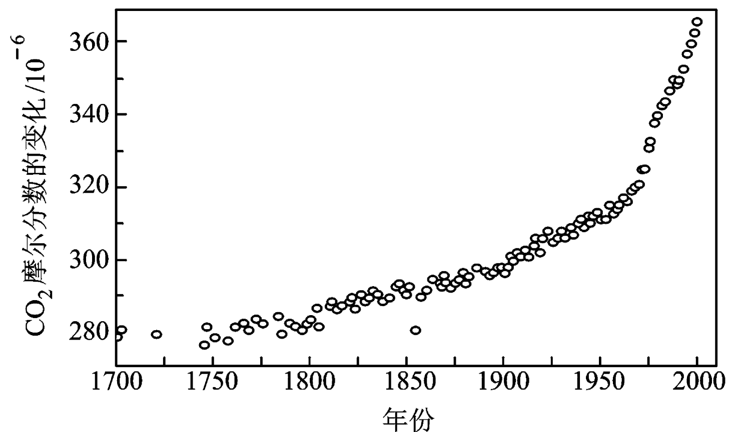


图 3－4　过去 250 多年来大气 CO_2 摩尔分数的变化（方精云，2000，经修正）

二、植物生产系统中 CO_2 浓度的变化规律

（一）田间 CO_2 浓度的变化规律

CO_2 是植物通过光合作用制造有机物质的主要原料，植物在光合作用过程中吸收 CO_2，而通过呼吸释放 CO_2。早在 1905 年 F. P. Blackman 就提出光合作用在低光强下受光的限制，在高光强下受 CO_2 的限制。如果田间 CO_2 浓度下降到空气中正常含量的 80%，对作物的光合作用将有

明显的不利影响。在高产栽培的作物地里，在光合作用旺盛时，群体中常出现 CO_2 不足的问题。

一般作物如每天每 m^2 净同化率为 20 g，需要 29 g CO_2，这要耗尽 50 m 空气柱中所有的 CO_2 如果每天每 m^2 净同化量为 72 g，相当于理想最大光能利用率，可以想象它需要消耗多么高的空间的 CO_2。自然条件下空气中 CO_2 含量为 360 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，作物白天进行光合作用时群体内 CO_2 的浓度大大低于这个数值。据北京农业科学院农业气象室 20 世纪 70 年代在小麦抽穗期测定，小麦群体内 CO_2 最低值为 229 $\mu mol \cdot mol^{-1}$，夜间最高值为 329 $\mu mol \cdot mol^{-1}$。

土壤放出 CO_2 有明显的日变化，它随着土壤温度而变化，温度越高，放出越多。据有人研究，最大通量为 12.6×10^{-9} $g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$，发生在 13 时左右，大致与一天中土壤上层最高温度出现的时间相当。土壤中有机质多时，有机质分解逸出的 CO_2 也多。有人曾测得在高肥的土壤中每天放出的 CO_2 量接近水稻大量叶片光合作用所需之量。这说明在高肥水平下，土壤中释放的 CO_2 量对补充作物光合作用之需，可起到一定作用，即增施有机肥料以增加 CO_2 补给量，也是促使作物增产的原因之一。但有人认为稻田土壤释放的 CO_2 供水稻光合作用所需量的不到 10%，烤田时所供的量可略多。若从这一试验结果看，可见土壤虽释放一定的 CO_2。但是在一般条件下，由土壤供给的 CO_2 量不起重大作用。

如果忽略由土壤释放的 CO_2 通量，则田间作物的光合作用，可认为与从大气到植株的 CO_2 通量（F_{CO_2}）成正比。而 CO_2 通量与 CO_2 的乱流交换系数以及 CO_2 的梯度密切相关，其表达式为：

$$F_{CO_2} = f_c K_c \frac{C}{z}$$

式中：K_c 是 CO_2 乱流交换系数，C/z 为 CO_2 浓度梯度，浓度可由红外气体测定仪测定。

（二）设施栽培环境中 CO_2 的变化规律

蔬菜、水果的设施栽培，尤其是日光温室栽培，在当代植物生产过程中占有重要地位。温室内 CO_2 浓度有着明显的日变化。密闭温室在日落后 CO_2 浓度逐渐升高，清晨时最高可达 $500 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$。日出后最光合速率的增大，$CO_2$ 浓度迅速下降，有时可降至 100×10^{-6} 以下，CO_2 白天的不足及夜间的过高，直接影响设施环境下植物生产力。通风换气可以调节室内 CO_2 浓度，使之与外界平衡。温室内白天增施 CO_2 肥料，可提高植物对太阳光能的利用率。

温室内因施用化肥、煤炉燃烧增温等造成有毒气体的排放，如 NH_3、NO_x、CO 和 SO_2，这些气体对植物危害较大。在生产中应时刻注意防止中毒事件的发生。

三、CO_2 浓度对植物光合速率与生产力的影响

（一）对不同类型植物的影响

在光合作用固定 C 的几种途径（C_3、C_4、景天科酸代谢型等）中，C_3 型是最基本的。

C_3 植物的光呼吸，在现在大气中 CO_2 和 O_2 的水平下，其释放出的 CO_2 量常达光合作用同化量的 1/3 以上。在光合作用同化 CO_2 的过程中，其中间产物乙醇酸的产生，与空气中 CO_2 及 O_2 的浓度有关，当 CO_2 浓度高、O_2 浓度低时，乙醇酸的产生少，光呼吸的消耗也少。这样，由于人们大量燃烧化石燃料、砍伐森林、破坏草原，大大地增加了大气中 CO_2 浓度，减少了 O_2 的浓

度，C_3 植物由于光呼吸消耗减少，其净光合率将相应地增加。在中等以上光强与温度下。在人工控制的环境中增加 CO_2 浓度 1 倍，固定 CO_2 的速率也加倍，至少对短期来说是如此。

据有关实验结果，对自然条件下的情况进行估算，得出这样的结论：当大气中 CO_2 浓度加倍，即增加到约 700 μmol·mol^{-1}时，C_3 植物的同化率将增加 30%～50%。

世界上绝大部分植物为 C_3 植物，全部热、温、寒带森林的树种，除个别例外，都是 C_3 植物，其将要受到影响的程度可想而知。

C_4 植物 CO_2 补偿点低，利用 CO_2 比 C_3 植物也更完全。C_4 植物可从 CO_2 浓度很低的大气中有效地吸收 CO_2，将它转移到内层维管束鞘细胞中释放出来，大量供给光合碳循环，使同化速度不致受限制，由于 C_4 植物气孔能调节细胞内 CO_2 浓度，使其处于或近于饱和浓度，这样，在有限的 CO_2 下，C_4 植物在竞争方面具有优越性，但在高的 CO_2 浓度下，它顶多只能略增加净 CO_2 吸收率。

在作物中，玉米、高粱、甘蔗属 C_4 植物，但许多杂草，如常见的莎草、狗尾草、马唐、蟋蟀草、画眉草、白茅等都属 C_4 植物。

景天科植物，如菠萝和许多仙人掌科植物，它们在暗中（晚上）开放气孔吸收与固定 CO_2，以四碳双乙酸（如苹果酸）贮存，在光照下（白天）将 CO_2 释放出来，成为光合作用的内部 CO_2 之源。所以可以说它在暗中以类似 C_4 形式同化 CO_2，而在阳光下以类似 C_3 的形式吸收与同化 CO_2。据实验，当空气中 CO_2 浓度由 330 μmol·mol^{-1}增加到 660 μmol·mol^{-1}时，暗中吸收 CO_2 只增加 10%，而在光下增加 50%。所以景天科植物对 CO_2 浓度的反应，强烈地决定于"暗 C_4"、"光 C_3"两过程中吸收 CO_2 的比例。另外，这类植物在水多时，在光照下酸被还原后将类似 C_3 植物，但此时它们因受气孔传导率低的限制，故增加大气中 CO_2 浓度，对它们的同化虽有好处，但较有限。

有意思的是，有些在水多时以 C_3 途径进行光合作用的植物，在缺水时改成以景天科植物进行光合作用。

（二）CO_2 浓度对植物光合速率与生产力的影响

增加 CO_2 浓度对光合作用的效应是否有个限度呢？这涉及 CO_2 饱和点问题。近来观测，甜菜、菠菜、西红柿等均在 1 000 μmol·mol^{-1}达到饱和，在 1 676 W·m^{-2}的辐射度下，向日葵、玉米、烟草也在 1 000 μmol·mol^{-1}下才达到饱和。田间棉花与 3 种大豆品种到 600 μmol·mol^{-1}下光合率仍直线上升，到 1 000 μmol·mol^{-1}下仍有光合率的增加。不过品种间的差异是不小的，有人在弱光下研究小麦，300 μmol·mol^{-1}就达到 CO_2 饱和点。

总之，在低浓度下光合率与 CO_2 浓度呈线性关系，在高浓度下，反应偏离线性关系，呈曲线形式，且曲线渐趋平缓，最终达到饱和。一些 C_3 植物的种在大气 CO_2 浓度 340 μmol·mol^{-1}下，光合率对 CO_2 浓度的反应已开始偏离线性关系，另一些种，这种转变发生在较高的 CO_2 浓度下。

增加 CO_2 浓度还可提高光饱和点，从而影响光合率，比如 J. P. Cooper 指出，大豆在 CO_2 浓度 300 μmol·mol^{-1}左右时，光饱和点为 21 000 lx，光合率为 20 mg·dm^{-2}·h^{-1}；CO_2 浓度为 1 600 μmol·mol^{-1}时，光强 75 000 lx 犹未达到光饱和点，光合率达 80 mg·dm^{-2}·h^{-1}。

高 CO_2 浓度、高光合率与高产之间并非线性相关，因为产量是多因子决定的，CO_2 只是其中的一个因子。有些学者十分重视 CO_2 对植物生产力的影响，如 Monteith。但许多人不同意这种

看法，认为实际上水分循环有着更大的影响。

增加 CO_2 浓度，从长期来说，可延迟叶片衰老，使叶片有较长的时间维持活跃的光合作用，这一般对增产是有利的，但不一定都起到增产的效果比如一年生作物假如将生长周期延长到了条件不利的季节，或因增加营养生长而影响了果实与子粒的发育，影响了源/库的关系，就不会增产，甚至可能减产。有时，因增加 CO_2 浓度，促进了早期的生长与耗水，使得未成熟前已耗尽了土壤水分蓄存量，那是很危险的。

关于增加 CO_2 浓度延迟叶片衰老的问题，尚有不同看法，有人报道增加 CO_2 可使小麦叶片早衰 3～4 d，但认为这可能因为在高 CO_2 浓度下，叶片早发出若干天，而不是增加 CO_2 对早衰的直接影响。有人报道高 CO_2 浓度下，大豆叶片延迟衰老，但认为是促进根瘤固氮与延迟叶片中 N 素向结实器官转移的缘故。

在 CO_2 浓度对源/库关系的影响方面，有人认为增加 CO_2 可使果实发育的“年龄窗”延迟出现，所谓“年龄窗（age window）”是指因源/库的不平衡而果实最易脱落的时期，年龄窗的延迟使较多果实可安全通过此窗而未脱落，有着增产的效果。

雌雄同株的植物，像黄瓜，果实的数目决定于雌花的数目，增加 CO_2 浓度能改变不同性别花的比例，使其有更多的雌花。这一是因为高 CO_2 浓度促进黄瓜分枝，而一般侧枝上雌花多于主茎上的雌花。

一般增加 CO_2 后既可增加生物学产量，又可增加经济产量，因为经济指数是相对稳定的。

有时增加 CO_2，其增产的绝对量很小，但相对量可能很大，比如在严重干旱下小麦原来不能形成子粒，增加 CO_2，通过提高水分利用率而结了一些种子，这代表无限的相对增产。

增加 CO_2 促进植物生长的例子很多，在实验室条件下，CO_2 浓度每增加 0.01%，植物的生长可增加 0.9%，但在自然条件下生长量的增加少得多。因为天气是主要限制因子。

多数温室实验表明，增加 CO_2 使叶增产 42%，果实增产 23%，种子的增产率为 49%，块茎增产最高，为 64%。上述实验无固定 CO_2 浓度，故只能说是高 CO_2 浓度增产效应的一般性概括而已。有人在二倍于常量的 CO_2 下，得到叶与子粒增产 19%的结果，但没有关于根与块茎的资料。

（三）CO_2 浓度对植物水分利用率的影响

植物每获得 1 个分子的 CO_2，叶片通过同一扩散路径，失去几百个分子的水，光合作用吸收 CO_2 同蒸腾失去水分的比值，称为水分利用率，在一天的过程中，这个比值是随环境条件之变化而变化的，此比率受气孔传导系数很大的影响，如图 3－5。

在水分供应不足的情况下，季度生长量代表着最小蒸腾量与最大光合量之间的某种折中，增加水分利用率即可增加生产力。

在叶片水平上增加 CO_2 浓度对 C_3 植物的直接促进作用是增加光合的水分利用率；对 C_4 植物来说，假如传导系数不变，因而蒸腾保持不变，光合作用的水分利用率也将有显著增加；相反，假如因 CO_2 浓度增高使气孔传导系数降低（这是通常的现象），那么蒸腾将减少，这样，不论 C_3 还是 C_4 植物，其光合作用的水分利用率都将增加。结果在水分有限时，它们的生长量也将增加。从表 3－3 可见，在 CO_2 浓度增加时，两个 C_3 植物的种，叶的气孔传导系数下降近 50%，光合率增加 50%，结果光合的水分利用率比正常空气下增加 1 倍。

对 C_4 植物来说，虽然对光合的促进小得多，但气孔传导系数下降约 33%。结果总的光合水分利用率也差不多增加 1 倍。

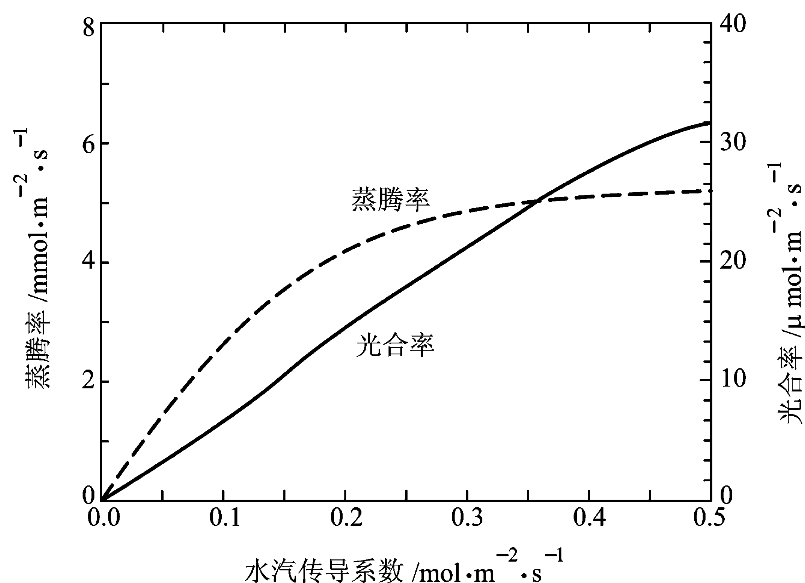


图 3－5　蒸腾速率、光合率对叶片气孔与边界层气体扩散传导系数的依存关系

(叶片暴露于辐射 350 W·m^{-2}，气温 25 ℃，相对湿度 55%之下)（刘汉中，1990）

表 3－3　增加 CO_2 度后叶片光合率、传导率、水分利用率的反应

植物	CO_2 浓度／μmol·mol^{-1}	光合率／μmol·m^{-2}·s^{-1}	比率	叶传导率／mmol·m^{-2}·s^{-1}	比率	水分利用率／mmol·mm^{-1}·m^{-2}·d^{-1}	比率
夹竹桃	660	35.9	1.48	200	0.77	2.7	1.95
C_3	330	24.2		261		1.4	
陆地棉	640	51.1	1.50	390	0.79	6.4	1.87
C_3	330	34.2		495		3.4	
玉米	640	65.3	1.23	260	0.67	12.5	1.86
C_4	330	53.0		390		6.7	

方精云，2000。

然而在 C_3 与 C_4 种混合的群落中，如果 C_3 植物能够利用多余的有效水分，则增加 CO_2 浓度似乎对 C_3 植物更为有利。

四、调节 CO_2 浓度的农业技术措施

(一) 植物类型的调整

根据以上的分析，增加大气 CO_2 浓度，块茎是受益最大的，其次是千粒，因此，作物类型将可做相应改变。增加 CO_2，C_4 植物受益较少，所以玉米的地位将可能相应地有所下降；由于有些作物生长量大，需肥较多，在肥料、尤其是氮肥有限而价格昂贵时，豆科植物将变得更为重要。

(二) 植物品种的选育

因为增加 CO_2 后作物的生物量增加，所以要培育抗倒伏、不分蘖过多的作物（如小麦）品种。

(三) 耕作措施的改进

1. 旱地作物因增加 CO_2 而促进了早期生长，将更早耗尽土壤水分，故在耕作措施上应作相应的考虑。

2. 由于 CO_2 充分，水分利用率高，作物的种植密度可以相应提高。

3. 增加 CO_2 后作物对肥料的要求更高，故应增加肥料的供应。

（四） 增加 CO_2 对土壤性质与肥力的影响

增加大气中 CO_2 浓度对土壤空气中 CO_2 浓度无明显影响，因为首先，后者通常比前者大一个数量级；在生长季中，后者为前者的 10～50 倍。通气良好的土壤，CO_2 质量分数约 $3\,000\times10^{-6}$，而积水处平均 $10\,000\times10^{-6}$～$30\,000\times10^{-6}$。其次，在正常环境上植物根系与微小生物很少被 CO_2 多所抑制，因为虽然 CO_2 与 O_2、N_2 在空气中的扩散系数相近，均为约 $0.27\ cm^{-2}\cdot s^{-1}$，而在水中它们的相对扩散系数较小，与空气中的系数相比，其指数为 10^{-4}，但 CO_2 可离子化，故在水中其溶解度远高于 O_2。

五、大气污染对植物生产的影响

由于人类活动，尤其是近代工业及交通运输业的发展，大量污染物质排放而进入大气，其中对植物危害较大的是二氧化硫（SO_2）、氧化氮（NO_2）、臭氧（O_3）、硝酸过氧化乙酰（PAN）和卤化物，其次是氨（NH_3）、碳氢化合物、焦油烟、煤烟灰和灰尘。随着大气污染程度的加重和有害气体成分在大气中的不断积累，对植物生产的影响也会越来越大。

大气中的污染成分不仅直接对植物的生长发育造成危害，如受 SO_2 污染后，落叶松树皮皱裂，叶片脱落，杨属植物则通过连续地抽发新枝和新叶使树势衰退；而且通过化学的或物理的过程影响植物生产的环境，如大气中的酸性气体（SO_2、NO_2 等）溶于雨水而进入土壤，因其土壤的酸化；汽车排放的 NO_2 在紫外线作用下，经过复杂的化学过程形成光化学烟雾。

目前解决大气污染问题的措施有：建立观测网，进行污染预报；通过集尘器和清洗器在排放前清除污染物质；发展无烟工厂的密闭工艺过程以及合理布局工业等。

第六节　植物生产与矿质营养

植物生长发育需要大量的矿质元素，这些元素或来自矿物质或从有机物的生物分解期间被矿化而来。这些矿质养分以离子的形式被吸收，并结合到植物结构或贮藏在细胞液中。在实验室里，干植物物质燃烧后，无机物（即矿物质）成分以灰分的形式继续存在。

一、土壤是植物的营养源

（一） 土壤中的矿质营养

土壤中的矿质营养以溶解态和束缚态两种形态存在。只有很小一部分（少于 0.2%）养分溶于土壤水中。其余的大部分（几乎占 98%）结合于有机碎屑、腐殖质和较难溶解的无机化合物或掺合于矿物质中。这些构成了营养贮备源。由于腐殖质的风化和矿化作用，矿质营养被缓慢释

放并成为可利用态。剩余的2%吸附于土壤胶体上。土壤溶液、土壤胶体和矿物质贮备,在土壤中处于动态平衡状态,这就保证了营养元素供应的不断补充。

(二) 土壤中离子的吸附和交换

胶体粘粒和腐殖物质(见表3-4)。由于它们表面具有电荷,可以吸引离子和偶极分子,而这种结合是可逆的。粘粒矿物和腐殖质胶体二者都带有净负电荷,因而它们主要吸引、吸附阳离子。这二者也有一些正电荷的部位,在该处能累积阴离子。阳离子被保持的牢固程度取决于它的电荷和水合程度。一般来说,具有较高价的离子受到较强的吸引,例如 Ca^{2+} 比 K^{+} 吸引更强,而在同价离子中,水合程度小的离子比水合程度大的离子结合的更牢固。吸附速降的次序,阳离子为 Al^{3+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^{+}、K^{+}、Na^{+},阴离子为 PO_4^{3-}、SO_4^{2-}、NO_3^{-}、Cl^{-}。重金属离子也能被吸附,尽管它们通常只以微量存在。

表3-4 土壤离子交换剂的性质

交换剂	比表面积/$m^2\cdot g^{-1}$	平均阳离子交换能力/$eq\cdot kg^{-1}$
铝和铁的水合氧化物	25~40	0.03~0.05
高岭石	10~20	0.03~0.15
伊利石	100~300	0.2~0.5
蛭石	600~800	1~2(3)
蒙脱石	700~1 200	0.8~1.2(10)
腐殖物质	800	1.5~5

Walter Larcher,1997。

粘粒和腐殖质颗粒周围的离子群在土壤固相和液相之间起着媒介的作用。如果把离子加入到土壤溶液中或从土壤溶液中取出,在固相和液相之间就会发生交换。营养离子的吸附性结合呈现出许多优越性:通过风化作用和腐殖质分解所释放的营养物质被捕获,以免淋溶;土壤溶液保持低的和相对稳定的浓度,以致植物根系和土壤生物不会处于极度渗透条件下;然而,当植物需要时,被吸附的养分就很快被利用。

二、根系对矿质营养的吸收

(一) 吸收途径

根以下列几种途径(图3-6)从土壤中吸收矿质营养:

从土壤溶液中吸收养分离子 这些离子可直接利用,但它们在土壤溶液中的溶度很低。浓度最高的是 NO_3^{-},高达5~10 $mmol\cdot L^{-1}$;其次是 SO_4^{2-}、Mg^{2+} 和 Ca^{2+},约2~5 $mmol\cdot L^{-1}$;K^{+},1~2$mmol\cdot L^{-1}$;PO_4^{3-},4 $\mu mol\cdot L^{-1}$。

吸附养分离子的交换吸收 来自根呼吸的 CO_2 解离产物释放出 H^{+} 和 HCO_3^{-},促进了粘粒和腐殖颗粒表面的离子交换,因而获得了养分离子。H^{+} 和酸的排放依赖于呼吸强度,因而也依赖于根对氧和碳水化合物的有效利用率,也依赖于温度。如果植物缺乏矿物质,双子叶植物根的 H^{+} 的排出物通常能提高。根系能够按照可利用氮的形态来调节土壤溶液的pH。这种例子可见于玉米根系。如果只供应 NO_3—N,根际的pH可增加到7.5左右,但如果以 NH_4^{+}—N为主,则

pH 可降到 4。

通过根系排放 H^+ 离子使化学结合的营养元素活化通过提高植物根系的还原能力，把能与营养物质形成可溶性络合物的低分子质量的有机化合物（螯合物）释放到土壤中，使这些螯合物与土壤中不能直接进入根中的营养物质结合，特别是与铁和微量元素结合，形成能进入根中的络合物。对单子叶植物，特别重要的是金属螯合物的形成。金属螯合物是金属与有机酸（苹果酸、柠檬酸、氨基酸）和酚类形成的络合物。螯合作用可防止矿质营养的再结合，也能促使它们进入根中。

矿质营养吸收的下列特性是由被动运输和主动运输间的相互作用产生的。

浓缩离子的能力　植物细胞能够逆浓差梯度吸收离子并将它们累积起来，特别是在液泡中，离子浓度远大于外界溶液的浓度。这对水生植物尤为重要，因为它们必须从极稀释的溶液中吸收营养元素。

优先选择　植物细胞可以优先吸收它们需要量较大的某些离子。因此吸收过程中阳离子比阴离子有优先性。在阳离子中，某些离子比其他离子积累的浓度要高。必要时，通过离子交换（H^+、HCO_3^-）可维持电中性。

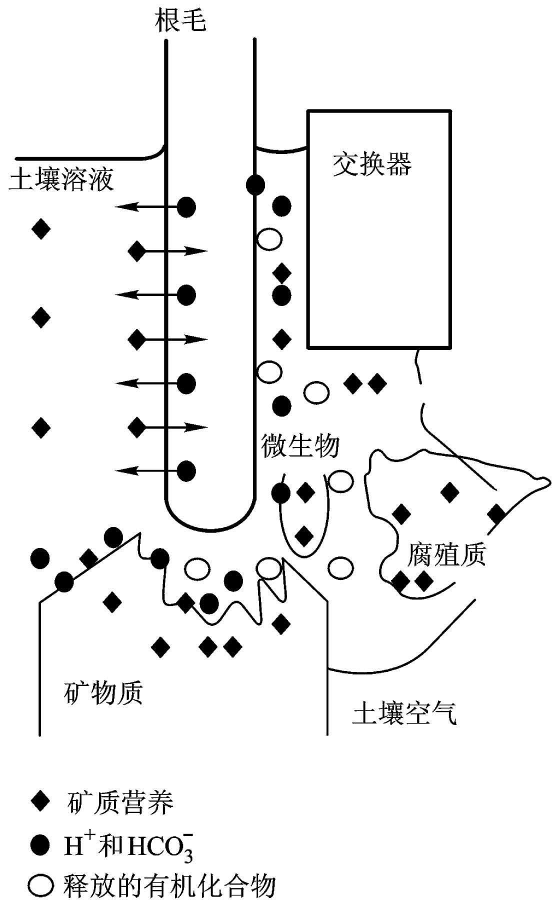


图 3－6　土壤中矿质营养的移动和根对矿质元素的吸收
（Walter Larcher，1997）

选择性的限度　植物细胞不能完全排除它不需要的、甚至有害的盐类。生物膜对离子并不是高度可渗透的，但也绝不是完全不渗透的。因而，当膜两边的浓度存在明显差异时，任何离子均能透过。特别是当外界浓度较高时，如在盐土中时，细胞中会充斥大量不利的离子（Na^+ 和 Cl^-）而受损害。

（二）矿质营养状态

根据矿物质渗入到植物中的程度，可分为三种基本营养状态：缺乏、适当供应和不利的过量。

遭受营养缺乏的植物，生长都是矮小的，它们的发育不能正常进行。如果在主要生长期间，矿物质的吸收与干物质生产不能保持同步，那么矿物质的浓度就会降低。因为组织中养分浓度（而不是数量）对于代谢作用是重要的，所以营养缺乏病症状常随着过快生长而发展。然而，不充足的矿质供应不一定导致组织中矿质浓度的大幅度降低。如果生长受到其他因素（基因型矮小、缺水、寒冷）的很大限制，有机物质的生产量就会减少，但矿物质的浓度也会达到在矿质营养良好供应具较高产量时的相同浓度。因此，作为亏缺胁迫策略的矮化生长，是在贫瘠营养供应生境中植物组织浓缩矿物质的一种手段。如果缺乏单种元素，或植物种对某一元素的需要量特别大，就会出现特殊的缺乏症状。在栽培植物和森林树木中，这些症状已为人们所熟知（表 3－5）。

在矿物质适当供应时，可利用养分的实际数量，可在相当宽的幅度内变动，而对产量没有明显的影响。一旦植物的需要得到满足，任何过量似乎对植物生长无更大的益处（过剩营养）。虽然这种可能性不能排除，但这往往会使具有竞争优势的其他生态生理的重要特性，诸如对寄生物或极端气候条件的抗性，实际上得到加强。

表 3-5　作物与林木营养缺乏病的症状

缺乏元素	草本植物和阔叶木植物	针叶树
N	矮小(矮化)、硬化形态性;茎/根比率趋向于根;老叶在成熟前黄化	叶绿素缺失、褪色、生长少(较短的针叶和新枝),针叶在成熟前脱落且同化枝变褐色
P	生殖过程紊乱(延迟开花),徒长、叶和茎暗绿或褪色为青铜紫蓝色	针叶和幼茎枝变红,没有先前缺绿的坏死
S	与 N 缺乏病相似,幼叶叶脉间缺绿	幼针叶和幼茎枝缺绿
K	水分平衡紊乱(顶尖干枯),较老叶缘卷曲	针叶尖端干枯,针叶成熟前脱落
Ca	因细胞分裂(小细胞)时生长紊乱,尖端干化,叶变形,阻碍根生长	芽干化,幼茎和根尖死掉,冷杉树叶尖端失绿,随后针叶变棕色
Mg	阻碍生长,老叶叶脉间缺绿	失绿,主要是较老针叶和鳞片,冷杉针叶尖也褪色(黄至棕色),低位分枝变秃
Fe	草黄色脉间失绿,在极端情况下幼叶变白(脉绿色),顶芽形成受阻	幼针叶有黄色变白色,较老针叶绿色
Mn	生长抑制,幼叶失绿和坏死	幼针叶失绿,枝和树的尖端干化
Zn	矮化生长,老叶白绿色,果实形成失常	幼针叶先失绿,然后坏死
Cu	尖干化、叶卷曲、幼叶斑状缺绿	幼针叶失绿,枝和树顶梢枯死
B	阻碍生长(分化组织坏死),根分枝减少,韧皮部坏死,结实时常	顶芽干枯,伸长生长缩小,测枝密集而弯曲(巢状)、测根死掉

Walter Larcher,1997。

在过量浓度的范围内,无机营养可能是有害的,甚至是有毒的,特别是只有一种元素出现过量的情况下。过量施用氮肥会导致茎生长过快,支持组织发育不充分,根系发育不良,生殖生长发育延迟,对气候胁迫的抗性较差,对寄生真菌和虫害具有较大的易感性。过量浓度的强碱离子和碱土离子可导致不平衡或其他抑制作用。过量的重金属也可能是有毒的。

三、植物群落的矿质循环

(一) 植物群落的矿质平衡

植被中矿质平衡和碳收支是紧密相互依赖的。矿质营养的吸收调节着植物量的增加,而碳同化作用提供了可与矿质元素相结合的有用物质。

如果植物物质的灰分含量和组成是已知的测使用生产方程式就可确定植被的年矿物质吸收量。在一年当中,每单位土地面积上的植被所吸收的矿物质总量(M_{abs},单位:$kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$),一部分会因泌盐作用而丢失($M_r$),或被雨、雪从茎上冲走,其余是结合于植物量的矿质数量(M_i)。

$$M_{abs} = M_i + M_r$$

如上式所示,固定于植物物质中的矿物质被分配到一年中生物量的增加上($+\Delta M_B$),还分配到以碎屑形式的干物质的损失(M_L)以及被消费者取走的部分(M_G),则:

$$M_i = \Delta M_B + M_L + M_G$$

在这个方程式中,项目代表矿物含量或干物质的灰分含量。在植株中的各种矿质元素的分

布、积累、固定和排出并不是一致的，况且矿质浓度取决于植被的发育状况。基于这些原因，一个植物群丛的矿质平衡不能简单地通过生产方程式中各项目乘以植物量平均灰分含量来计算。如同推导碳平衡一样，必须以不同取样时间的每个器官的单独贡献为基准进行计算。所吸收的矿质营养的总量被用于一年中木质部增加的部分与通过淋和植株部分脱落所损失的部分的比率可用再循环系数 K_M 表示。

$$K_M = \frac{M_L + M_r}{M_{abs}}$$

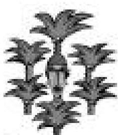
在具有稀疏林内植物的云杉林中，每年吸收 K 的 80%，N，P，Ca 的 70%～75%，以及约有 60%的 Mg 被转换。具有密集草木层的毛榉林的养分转换值，N，P，K 约为 90%，而 Ca 和 Mg 为 95%～100%（1/3 是从树冠上淋溶下来的），K 为 85%（淋溶占一半），Fe 为 50%。

（二）矿物质的循环

由于落叶每年将其所吸收的矿物质的较大部分返回到土壤中去，所以植被对矿物质循环作出了重大贡献。所有矿物质是根从深层土壤里吸收上来的，被转运到茎中，然后以落叶的形式回归土壤表面。特别是深根的落叶树，由于有广泛延伸根，能将沉降至相当深的地下营养矿物质提升上来。一旦来自树的死被物被分解，矿物值就可被浅根系的草本植物所利用。

在一特定的系统中，再循环速率的有用测量是死被物中有机氨化合物的净矿化速率。净矿化速率是减去反硝化作用中所发生的氮气体化合物与微生物需要量的损失后，所剩余的矿质氮。

矿质营养或多或少连续地进人到“植物—微生物—土壤”功能系统中，而同时其他矿质营养也会以这样或那样的方式离开这个系统。风化作用是一个连续的过程，为土壤增加矿质营养并使得矿质营养能为植物所利用，其数量虽难以估计，但它无疑是重要的。矿物质随地下水、垂直梯度的渗透水以及随毛管力上升的水，进入根区。此外，降水将大气中以气体、灰尘、雾和悬浮微粒存在的无机物质携带到植物上和土壤中。与此相反，由于有机死被物和腐殖质的侵蚀、风力转运，以及由于可溶性物质的淋溶或渗透，矿物质输出是植物量的取走造成的（消费者、收获、死被物的移动）。



思考题

1 什么是光能利用率，提高光能利用率的途径有哪些？
2 试述温度对植物发育的影响及调节温度的农业技术措施。
3 论述植物与水分的关系，讨论提高水分利用效率的途径。
4 简述 CO_2 倍增对植物生产的影响。
5 从植物群落的矿质循环出发，论述平衡施肥的重要性。



植物生产技术基础

第一节　农田培肥与土壤耕作

一、土壤的主要类型与肥力

土壤是指陆地表面能生长植物的疏松表层。土壤是植物扎根生长的主要环境，对植物生长具有多方面的作用。同时，人们从事种植业生产，各种农业措施（耕、耙、锄、施肥、灌水）都作用于土壤，通过土壤对植物产生影响。

土壤最本质的特征就是具有肥力。土壤肥力可分为两种：一种是土壤形成过程中各种自然因素作用下产生的肥力，称为自然肥力；一种是在自然肥力基础上，在农业措施影响下产生的肥力，称为人工肥力。这些肥力在农业生产上反映出来的部分，称为有效肥力。有效肥力的高低体现了社会经济制度和科学技术发展的水平。

土壤由各种大小不同的土粒构成，根据土粒的直径大小可分为。

砾石：土粒直径大于2 mm，颗粒粗大，不便耕作，没有保水保肥能力。

粗砂：土粒直径0.3～2 mm，很粗糙，无粘性，保水保肥力差。

细砂：土粒直径0.02～0.2 mm，有砂的感觉，无粘性，保水保肥力差。

粉砂：土粒直径0.002～0.02 mm，粘性小，很光滑，有一定的保水和供应养料能力。

粘粒：土粒直径小于0.002 mm，粘性强，有可塑性，保水保肥力强。

根据土壤中所含粗细土粒数相对比例不同，土壤可分为以下几种。

砂土：含砂85%以上，粘粒15%以下的土壤称为砂土，砂土接近砂粒性质，大孔隙多，土壤疏松、空气易流通、容易耕作、肥料分解快、增温快，有利于作物早熟，保水保肥力差，有机质、含氮、含磷较少。

黏土：含黏土粒45%以上，性质和砂土相反。土质粘重，组织紧密，不便于耕作，空气不易流通，不利于作物根系发育，水分缺乏时地面易龟裂，但蓄水保肥力强，肥力较高。如黏土中砂性物质较多，称砂质黏土，黏土中粉沙性物质较多，则称为粉砂质黏土。

壤土：是土壤结构中最好的土壤。一般壤土有机质含量约1%～3%左右，保水保肥能力较强，

耐旱耐涝,土壤孔隙适中,具有良好的通气透水性能,易耕易种。适种作物范围广,产量高而稳。如含细砂60%～65%则称砂质壤土,含粘粒40%则称粘质壤土。如含粉砂质较多则称粉砂质壤土。

腐殖质土:凡土壤含腐殖质20%以上,称为腐殖质土。这样土壤色黑或暗褐,组织疏松,易于耕锄,含水与吸水力均强,但水分过多,有机酸多,不利于作物根系的生长发育。

二、农田培肥的原则与方法

(一) 农田培肥的原则

1. 增施有机和无机肥料,提高供肥性能　在农业生产中,为保证农作物高产、稳产,应科学地增施肥料,把用地与养地密切联系起来,建立以有机肥为主、有机肥和无机肥相结合、配合多种肥料、广开肥源、合理用肥的科学施肥制度。

2. 合理耕作和灌排,促进养分的转化供应

(1) 精耕细作、疏松耕层,以耕促肥　深耕可以有效地改善土壤松紧状况,提高蓄水和通气性能,促进微生物的活动,加速土壤矿物质的风化和有机质的分解转化,从而提高土壤有效养分含量。中耕松土可以通气增温,保持土壤水分,增加速效养分的数量。伏耕晒垡可通过土壤的干湿交替,提高地温和通气性,改善土壤结构,促进养分的释放供应;秋耕冻堡,通过土壤水分的冻融交替,疏松土壤,促进养分释放。

(2) 合理灌排,调节水、肥、气、热状况　一般条件下,土壤相对含水量控制在60%～80%时,水、气、热状况较为合适,养分的释放供应和根系吸收较为有利。追施肥料尤其是追施化肥时,要在下雨前或结合灌溉施用,以便溶解而发挥肥效。干旱时施肥,会增加旱害,或影响肥效发挥。但在灌水过多或湿涝洼地有积水的情况下,由于通气差、土温低,养分的释放、供应较慢,或发生养分淋失,甚至产生还原性有害物质,影响作物的吸收能力,这时应采取排水措施减少水分,便于透气增温,促进养分转化。

3. 消除有毒物质,改善养分的供应状况

(1) 消除碱害　土壤碱性过大,会影响氮素供应,并降低作物根系的生命活动,影响对可溶性磷素的吸收。其碱性的根源是由于土壤胶体上代换性钠的饱和度过高,通常可施用石膏,用钙离子将钠离子代换到溶液中去,然后用水将生成的硫酸钠洗掉。在微碱性的石灰性土壤中,磷、铁、锰、锌、硼、铜等养分的有效性降低,增施有机肥,可提高上述元素的有效性;施用酸性肥料,也能局部改变土壤酸碱度,有利于养分的释放。

(2) 消除盐害　土壤中盐分含量达到0.3%以上时,就会抑制根的生命活动,至1%时则一般作物都不能生存,必须通过冲洗、排水和其他农业措施,降低盐分浓度或减少与盐水的接触以消除盐分的毒害。在施肥过程中,如浓度过大,有时也会产生与盐害相似的情况。

(3) 消除还原物质毒害　在低洼湿地或长期积水的稻田,常会产生各种还原性物质的毒害,影响根系对养分的吸收。如亚铁离子和低价锰离子以及有机酸(丁酸、甲酸)、亚硝酸离子等,还有硫化氢和甲烷等,抑制新根的生长发育。在这种情况下,应采取排水晒田等措施,通过氧化以消除还原性物质的危害。

(4) 消除污染的危害　工业三废、农药、化肥等含有的有毒物质以灌溉、施肥等方式侵入土壤,会影响到农作物的生育和人体健康,降低农作物根系对养分的吸收能力。对于结合施肥、灌

溉带进土壤的各种物质，必须事先测定其有效数量和有害成分，必要时进行净化处理。

（二）农田培肥的方法

1. 防治旱、涝、盐　春旱夏涝及盐渍化是限制黄潮土肥力提高的主要因素，应根据当地实际情况，进行综合治理，旱、涝、盐一起抓，骨干配套工程同时搞。合理用水，控制地下水位，改良土壤本身性质，提高其抗旱抗涝与抗盐能力。

2. 增加土壤有机质　瘠薄土壤有机质含量少，应尽量增施有机肥。除充分利用人畜粪尿外，还可栽种苜蓿、田菁、草木樨等绿肥，或推广秸秆还田技术，以提高土壤有机质，改善土壤结构。

3. 加深耕层，熟化土壤　熟土层较浅的土壤，应逐年加深耕层，提高保水保肥能力。在深耕时注意土壤质地及质地层次排列的问题。壤土、黏土深耕效果较大，但耕层应逐步加深；沙土不宜深耕。

4. 砂土改良　砂土地区必须农、林、果、牧综合治理，才能充分利用地力，改良土壤。在砂荒地区，应以营造防护林为主，结合种植绿肥牧草，以防风固砂改变小气候，从而达到综合治理的目的。

三、土壤耕作类型

1. 基本耕作　用有壁犁进行全田耕翻，具有翻转耕层，疏松土壤，掩埋有机肥料、作物残茬、杂草、病虫有机体和清理田间等作用。土壤耕翻后，通透性改善，渗水、蓄水、保肥、供肥性提高。基本耕作的耕翻深度，旱田以 20～28 cm，水田以 15～20 cm 较为适宜。耕作时期因各地熟制不同而异，山东省主要有秋、冬耕和春耕。

2. 表土耕作　表土耕作是配合基本耕作进行的辅助性措施，目的在于对耕翻后的土体，在 0～10 cm 耕层范围内作进一步的整理，使其符合作物播种或移栽的要求。

⑴ 耙地　通常采用圆盘耙、丁齿耙、弹簧耙等，通过一定间距的耙齿或耙片插入土中，拨动土壤，有破碎土垡，平整地面，混拌肥料，耙碎根茬杂草，减少蒸发，抗旱保墒等作用。耙地除在耕翻后使用以外，还用于收后灭茬，播种前后和某些作物苗期，生产上应用极为普遍。

⑵ 耢地　又称耱地、擦地，耢地工具是由荆条或柳条编织的耢子。耢地的主要作用是平土，兼有碎土和轻压的作用。耙地后地表常有耙齿形成的细沟，对保墒不利。耙后耢地可把耙沟耢平，在地表构成厚约 2～3 cm 的疏松薄层，下面形成较紧的耕层，这对保墒和播种都是有利的。

⑶ 镇压　镇压的作用主要是压碎地面的土块，使耕层变得比较紧密。土地经过耕耙之后，常常变得过分疏松，大孔隙过多。这时如能压紧土层，则有保墒作用。镇压的另一作用是提墒，压紧土壤能促进下层土壤水分上升，浸润播种层的土壤，满足种子发芽对水分的要求。

⑷ 起垄　东北三省和内蒙古、河北部分地区习惯采用垄作。在全面耕翻土地之后，于作物播种之前筑垄。有的作物，如甘薯、马铃薯栽植之前也以起垄为好。起垄具有一定的提温、排水作用。在干旱地区，起垄之后，作物的种子种在垄沟之中有借墒的作用。垄的高度一般在 15～20 cm，垄与垄的距离 30～70 cm 不等，随气候、地形、地势、所种作物种类以及所用农机具而异。

⑸ 作畦　北方干旱地区为便于灌溉，需要作畦，水稻育苗、塑料薄膜覆盖栽培也要于播前先行作畦。畦的种类有平畦、高畦两类，平畦适用于降水较少、地下水位较低的平原地区或水平梯田；高畦适用于降水较多、地下水位较高和地势低洼的地区。

3. 少耕和免耕法　少耕法的特点是缩小耕作面积，减少耕作次数，在土壤耕翻后立即播种，

不进行表土平整或镇压等作业，土壤表面粗糙疏松，并有残茬覆盖，可以截留雨雪，促进水分渗入土壤，减少风蚀，节约能源。

免耕法是由少耕法发展而来。在前作收获时，将秸秆打碎，覆盖在地面上，播种时用特制的免耕播种机，一次完成播种行的灭茬、播种、施肥、打药、镇压等操作，而不进行耕翻或耙地作业，以后在作物生长期中，视情况施用 1～2 次除草剂或其他农药。

4. 深松耕法　深松耕法或称心土耕作法，就是用无壁犁或松土铲进行不翻土的深松土层作业，从而达到疏松耕层，破除犁底层，改善耕层结构，改进土壤“三相”比例，协调土壤水、肥、气、热环境。由于深松土，不乱土层，土壤微生物区系不变，熟土层仍在原来上层位置，而又加深了心土耕作层，故对播后种子发芽无不良影响，对发苗和当季作物生长发育均有良好效果。

第二节　种子与播种

一、种子播前处理

㈠ 种子筛选

作为播种材料的种子一般纯度在 90% 以上，净度不低于 95%，发芽率不低于 90%。因此，播种前进行精选，清除空、瘪、病虫害粒，杂草种子及稿秆等夹杂物，以保证纯净饱满，生命力强的种子，为培育壮苗打下基础。

1. 筛选　根据种子长短、厚度等形状大小选用适当筛子，通过人工或机械过筛分级、淘汰秕粒和泥灰砂石等杂物，保留大而充实的种子。

2. 风选　用风车、风扬机或人工用簸箕等方法，进行种子分级清选。

3. 液体比重选　利用溶液的比重，将轻重不同的种子分开。常用的液体有清水、泥水、盐水和硫酸铵水等。根据作物种类和品种，配制密度适宜的溶液。经过溶液选后，种子用清水洗净。为选择充实饱满的种子，先用筛选或风选，再用液体比重选，效果更为显著。

㈡ 晒种

种子贮藏期间处于休眠状态，生理代谢活力低，播前晒种可以增进种子酶的活性。提高胚的生活力，增强种子的透性，并使种子干燥一致，浸种吸水均匀，有提高发芽率和发芽势的作用，同时由于太阳光谱中的短波光和紫外线具有杀菌能力，故晒种也能起到一定杀菌作用。

㈢ 种子消毒

种子在采种过程中常常感染和携带各种病原物，带病原的种子会传染给幼苗和成株，而导致病害的发生。因此，播前应对种子消毒，以减少病害的最初侵染源，特别是对于由外地引进的种子更应进行消毒处理，以减少危险性病虫害的传入。常规种子消毒方法有：高温烫种法、药液浸种法、药剂拌种法等。

㈣ 种子化学处理

利用化学药剂处理种子，或为了促进发芽，或为了补给微量元素，起催化作用，增强种子抗性，或为了种子的表面消毒，或同时达到促进发芽和抗虫防病的作用。

促进种子发芽的较好药剂为赤霉素。处理时，可在烫种后用 5～10 $\mu g \cdot g^{-1}$ 赤霉素的水溶液，按前述浸种所需时间浸泡种子，捞出种子后，或直接播种或催芽后再播种。在夏季要求冷凉条件催芽的种子如芹菜、菠菜、莴苣等，可用赤霉素处理代替冷凉条件。

微量元素用于浸种的化合物有硼酸、钼酸铵、硫酸铜、高锰酸钾、磷酸二氢钾等，一般用浓度为 0.02%～0.1%，单独使用或混合使用。

（五）浸种催芽

1. 浸种　浸种的目的是使种子充分吸水，但要防止水温过高烫死种子，或浸种时间过长使种子窒息死亡。主要蔬菜种子的浸种方法是：番茄、辣椒、黄瓜、西葫芦等蔬菜种子，一般用 50～55 ℃温水浸种，种子放入温水后要不断搅拌，水温降到 30 ℃时停止搅拌，浸泡 3～4 h；种皮厚、吸水困难的冬瓜、茄子种子，可用 70～80 ℃的热水浸种，但一定要不断搅拌，水温降到 30 ℃时停止搅拌，冬瓜需浸泡 10～12 h，茄子 6～8 h。结球甘蓝、花椰菜、菜豆、豇豆等蔬菜种子的种皮薄，易吸水，可用 20～30 ℃的水，浸种 1～2 h。种皮易生粘液的种子，如茄子，浸种后要在清水中搓洗干净。种皮较厚的种子用 55 ℃以上的温水浸种，还可以把附着在种皮表面的部分病原菌杀死，兼有消毒作用。

2. 催芽　浸种后，需要催芽的种子，可先摊开使种皮表面的水分散发，改善催芽期间的通气状况。然后用洁净的湿布或布袋包好。冬春季育苗的置于温暖处或恒温箱中催芽；夏秋季育苗可放在室内洁净的容器中催芽；个别需要低温发芽的种子，需置于温度较低处催芽。

一般喜温蔬菜种子催芽期间的适宜温度为 25～30 ℃，最低温度不宜低于 10～12 ℃。催芽期间每天用 25～30 ℃的温水淘洗种子。喜冷凉蔬菜催芽期间的适宜温度为 20 ℃左右。需要变温处理的种子，按变温处理的要求进行。当大部分种子露白时，是播种的适宜时间。

二、播种

（一）播种时期的确定

适时播种可以使作物出苗整齐，保苗率高，植株生长健壮，成熟正常，产量高，品质好。要做到适时播种，就要掌握当年具体地温上升情况和天气的变化，考虑晚霜和冰冻何时结束。在复种地区还要注意前后作物之间的衔接。确定蔬菜露地播种适期的总原则应该是，在安排播种期时，正好使产品器官生长的旺盛期处在气候条件（主要是温度）最适宜的月份里，而把幼苗期、发棵期和产品器官生长后期放在其他月份。保护地蔬菜育苗时期根据保护设备的种类、蔬菜种类、定植后的防寒条件、苗期是否分苗及分苗次数、苗龄等决定。例如，加温苗床晚于保温苗床；茄果类早于瓜类、豆类；定植后能防寒保护可早育苗 10～30 d；增加 1 次分苗，增加育苗期 5～10 d。

影响播种期的因素如下：

1. 温度　温度是决定播种期的主导因素。植物种类不同，种子发芽所需要的最低温度差别较大，麦类、豌豆为 1～2 ℃，亚麻、甜菜、蚕豆为 3～4 ℃，向日葵、马铃薯为 5～7 ℃，大豆、玉米、高粱、谷子为 3～10 ℃，水稻、棉花为 10～12 ℃，花生、芝麻为 13～14 ℃。

一般当地温上升到种子发芽所需的最低温度或略高于这一温度，而且稳定的时候，开始播种是比较适宜的。

2. 土壤水分（墒情）　由于种子发芽需要吸收一定数量的水分，因此要求播种时墒情适宜。

我国北方春播时节常遇干旱，为了保证种子正常出苗，往往将播种期略提早一些。

3. 栽培制度　在一年一熟的地区，要使作物有足够的生育期；在二年三熟或一年两熟地区，为使两季都能丰收，必须使前作早播早收，后作及时早播和适时收获。

4. 病虫害和其他自然灾害　有的作物如高粱、棉花种子播种过早，因种子在土壤中停留时间较长，易造成烂种，发病率高。在一定的地区，调节播种期还可以使作物在整个生育时期躲过暴风雨或风灾等自然灾害。

5. 品种　晚熟品种应当尽可能早播，防止后期不能完全成熟，早熟品种只要在早霜出现以前能够成熟，播种期可以适当推迟。品种的光周期反应也不可忽视。例如，短日照作物大豆播种越晚，发育越快，成熟越早。

（二）播种量的确定

播种前首先应确定播种量。根据种子的纯度和发芽率，按下式先求出种子的使用价值。然后，根据种子单位重量的粒数、营养面积、单穴播种粒数和种子使用价值，按下列公式计算播种量。

种子使用价值（%）＝纯度（%）×发芽率（%）

播种量（g/hm^2）＝｛10 000×10 000（cm^2）÷［株距（cm）×行距（cm）］×每穴粒数｝÷（每克粒数×种子使用价值）

苗床面积根据需苗数和作物种类确定。分苗床面积按分苗和秧苗营养面积确定。茄果类秧苗一般按 10 cm×10 cm 1 株分苗；叶菜类按 8 cm×8 cm 分苗。计算公式如下。

播种床面积（m^2）＝实际需种量（g）×每克种子粒数×每粒种子所占面积（cm^2）÷10 000。

分苗床面积（m^2）＝分苗总数×秧苗营养面积（cm^2）÷10 000

大粒种子类如瓜、豆，一般采用点播，不分苗。秧苗营养面积 10 cm×10 cm 或 12 cm×12 cm，每墩瓜类苗 1～2 株；豆类 2～3 株。据此按上式计算苗床面积。

在生产实际中播种量应视土壤质地松粘、气候冷暖、雨量多少、病虫灾害、种子大小、直播或育苗、播种方式（点播、条播及撒播）、耕作水平等情况，适当增加。

（三）播种方式与方法

1. 播种方式　播种方式分为撒播、条播和穴播三种。

（1）撒播　一般用于生长期短的、营养面积小的速生种类，以及用于育苗。这种方式可经济利用土地面积，但不利于机械化的耕作管理。同时，对土壤的质地、畦地的整理、撒籽技术、覆土的厚度等都要求比较严格。

（2）条播　一般用于生长期较长和营养面积较大的种类，以及需要中耕培土的植物。速生种类通过缩小株距和宽幅多行也可进行条播。这种方式便于机械化的耕作管理，灌溉用水量经济，土壤透气性较好。

（3）穴播　穴播也叫点播，一般用于生长期较长的植物，以及需要丛植的种类。穴播的优点在于能够创造局部发芽所需的水、肥、气、热条件，有利于在不良条件下播种而保证苗全苗旺。如在干旱炎热时，可以按穴浇水后点播，再加厚覆土保墒防热，待要出苗时再扒去部分覆土，以保证出苗。穴播用种量最省，也便于机械化的耕作管理。

2. 播种方法　播种或用干种子，或用浸泡过的种子，或用催出芽的种子，因此它们的播种方法也有所不同。但不论用何种种子进行播种，播种前都要整平土地或做好菜畦。

⑴ 干籽播种　一般用于湿润地区或干旱地皮的湿润季节，趁雨后土壤墒情合适，能满足发芽期对水分的需要时播种。播种时，根据种子大小、土质、天气等，先开 1～3 cm 深的浅沟；撒播者可用钉齿耙拉播沟；穴播者用锄开穴，然后播种。播后耙平沟土盖住种子，并进行适当土面镇压，让土壤和种子紧紧贴合，以助种子吸水。如果土壤墒情不足；或播后天气炎热干旱，则在播种后需要连续浇水，始终保持土面湿润，直到出苗。但浇水会引起土面板结，使出苗时间延长和不整齐。为防止土面浇水后板结，可于畦面铺碎草进行喷灌；或利用高秆作物的宽阔行间作畦播种。

⑵ 浸种或催芽的种子播种　浸种和催芽的种子需播于湿润的土壤中，墒情不够时，应事先浇水造好墒情再播种。播法与干籽相同。

在天气炎热干旱或土壤温度很低的季节播种，不论干籽或浸种催芽的种子，最好用湿播法。播种前先把畦地浇透水，把存水的四处撒细土填平，再撒种子。然后覆土 0.5～2 cm，依子粒大小而定。1～2 d 后，用耙轻轻耙平和镇压土面。炎热天气和盖土薄的种子，还应盖碎草成草苫来遮荫防热和保墒，当幼苗出土时揭去。

第三节　育苗移栽

由于气候或茬口等原因，或为了增加复种茬次而无法在大田按计划时间栽培的情况下，通过育苗可创造提前或按时栽培的条件，以达到按正常栽培期或提早栽培的目的。从另一个角度看，通过育苗可以改变植物栽培的早期环境，这种改变往往是在人为创造的适宜条件下实现的，因而对植物的幼苗期，甚至整个栽培过程产生较显著的影响。从生产上看，育苗具有以下作用：① 缩短在大田中的生育期，提高土地利用率，从而增加单位面积产量；② 提早成熟，增加早期产量，提高经济效益；③ 节省用种，提高大田的保苗率，有节支增收的效果；④ 在人为创造的良好育苗环境下育苗，可防止自然灾害的威胁，提高秧苗素质，有利于防除病虫害；⑤ 便于茬口安排与衔接，有利于周年集约化栽培的实现；⑥ 应用育苗栽培法可以在一定程度上克服盐碱地出土晚，幼苗生长缓慢等问题；⑦ 秧苗体积小，如加以保护，运输难度不大，可选择资源条件好、育苗成本低的地区异地育苗，为提高作物生产的效益创造有利条件，⑧ 高度集中的商品苗生产可以带动一些相关产业的发展，效益也显著增高；⑨ 由于商品苗生产的发展，减轻农民生产秧苗的负担及技术压力，促进作物商品性生产的加速发展。

一、育苗方式和苗床管理

㈠ 播种前的准备

1. 培养土的调制　培养土用肥沃的大田土、腐熟的圈肥，或沤制好的堆肥为主体，再配合一定数量的经过腐熟的大粪干、鸡粪、过磷酸钙、草木灰等。土质过于粘重或有机质含量极低时（不足 1.5%），应掺入有机堆肥、锯末等；土质过于疏松的，可增加牛粪或黏土。

培养土的调制比例：肥沃的大田土 6～7 份，腐熟的圈肥、堆肥 3～4 份，混合，过筛，每立方米混合土中，另加入腐熟捣细的大粪干或鸡粪 15～20 kg，过磷酸钙 2 kg，草木灰 5～10 kg，50% 多

菌灵粉剂 100 g,充分拌匀。

利用草炭土作培养土,可按草炭土 40%、腐熟马粪 30%、腐熟大粪干 10%、肥沃大田土 20% 的比例配制。培养土中切忌施用未经腐熟的生粪、饼肥,也不要施用硫酸铵或碳酸氢铵等化学肥料。培养土调制后即可填入床内,或装入营养钵内,待播种。培养土在苗床中的铺垫厚度,一般播种床 5～8 cm;分苗床 10～12 cm。

2. 保护根系的措施　为了保证移植时不伤根或少伤根,须采用保护根系的育苗措施。特别是葫芦科、豆科植物的根系,很容易发生木质化,断根后很难恢复,不耐移植。

(1) 营养土块　用培养土垫床土后,浇以透水。趁水快要渗完时,立即用薄板刀按所需土块大小切割床土,并随即用棒或其他工具在土块中央捣一个播种用的穴眼,深约 0.5～1.5 cm。土块也可在秧苗移植前 6～7 d,在苗床切割。

(2) 纸杯　可利用旧报纸一裁 8～12 张,用手折叠制成。杯高 8～10 cm,直径 7～9 cm,杯内装满培养土后放置苗床,要注意使杯高矮一致,杯间空隙要填上土。播种或分苗前要先浇透水,再播种或分苗,覆土时要注意盖土严密,不要让纸杯边缘暴露出来。否则纸杯中土壤的水分,会通过纸的毛细管蒸发损失,造成杯土干燥,秧苗发育不好。

(3) 塑料钵或育苗盘　近年来我国各地已开始推广利用塑料钵、育苗盘进行育苗,苗钵及育苗盘可以长期使用,方便而省工。

(二) 育苗方式

1. 普通育苗技术　根据育苗季节及作物种类选择适宜保护设施,是培育壮苗的基础。通常在冬季及早春培育喜温作物的秧苗,宜选用可人工加温的设施,如电热温床、加温温室等,若此间培育好冷凉作物的秧苗,则可选用阳畦、春暖棚或冬暖棚等不加温设施,以降低育苗成本。若在炎夏及早秋时节育苗,无论是喜温或喜凉作物,为培育健壮秧苗均应采用能遮阳、降温、防雨,又可防止病虫危害的设施,如遮阳网、防雨棚、芦苇帘等。

2. 湿润育苗技术　这是水稻最常用的育苗方式。苗床选择背风向阳、泥脚浅、土质带砂、肥力较高、水质清洁、灌排方便的地块。在除净杂草,施足底肥、精细整地的基础上,按 130～150 cm作畦。畦沟宽 20～30 cm,深 10～13 cm。畦面为求平整,待畦面晾紧皮后即可播种,根据天气变化情况,沟内灌水,保持畦面湿润,以利发芽出苗。

3. 嫁接育苗技术　采用嫁接技术培育植物秧苗的方法称为嫁接育苗,该技术广泛应用于果树、蔬菜、花卉等的育苗。嫁接育苗的优越性在于,既能保持接穗的优良品种性状,又能发挥砧木的某些有利特性。如砧木对某些土传病害有较强的抗性,对某些不良环境条件有较强的适应性,其根系特别发达,对养分、水分吸收功能或代谢功能较强,从而使嫁接苗获得抗病、早熟丰产。

4. 扦插育苗技术　这是果树、花卉常用的育苗方法,分为硬枝插和绿枝插两种。硬枝插是利用充分成熟的一年生枝,在休眠期进行。绿枝插是利用半木质化的新梢在夏末进行,选健壮的半木质化枝蔓,每段 3 节,将下部叶片去掉,只留上部 2 片叶。插后应遮荫并勤灌水,待成活后在逐渐除去遮荫设备。

5. 分株繁殖技术　根系易生不定芽的植物,可利用不定芽长出根蘖,将根蘖与母株分离,形成一个新的植株。该技术多用于果树、花卉等苗木的繁殖。

6. 工厂化育苗技术　工厂化育苗又称快速育苗,是利用初级育苗工厂人为控制催芽出苗、幼苗绿化、成苗和秧苗锻炼等各阶段的环境条件,按规定流程育苗。其特点是育苗时间缩短,产

苗量大，秧苗素质好，适于大批量商品化的秧苗生产。目前各地的育苗工厂设备还比较简陋，多是利用现有塑料大棚或简易温室加以改造而成，管理和环境控制仍以手工操作为主，其机械化、自动化和秧苗商品化的程度仍然较低，为区别于国外现代化育苗工厂，故称为初级工厂化育苗。其主要育苗设施有催芽室、绿化室、分苗室以及一些必要设备等。

（三）苗床管理

1. 发芽期管理

（1）播种至出苗阶段的管理　此时对环境条件的要求是充足的水分、较高的温度和良好的通气条件。苗床管理的重点是温度管理。在冬春育苗中，喜温性作物床温控制在25～30 ℃；喜冷凉作物以20～25 ℃为宜。夏秋育苗，温度管理主要是降温。在湿度管理上，一是防止畦面失水干裂，要注意喷水；二是防雨，雨前应在床面上加盖防雨棚，床面还要防止积水。

（2）子叶初展到第一片真叶显露阶段的管理　此阶段幼苗由依靠种子贮藏营养转向靠光合作用自养。苗床管理的重点是适当降低床温，进行第一次幼苗的低温锻炼，目的在于控制下胚轴因高温引起的徒长，防止出现高脚苗；同时也要避免床温过低、光照不足、湿度较大而引起的苗期病害。喜温性作物床温白天控制在22 ℃左右，夜间为12～16 ℃，喜凉性作物可稍低一些。晴天中午可向床面撒细干土降湿保墒，填补出土造成的裂缝。加温温床要严格控制加温时间，不使床温偏高。

2. 幼苗期管理　此期管理的原则是：保持秧苗营养体的正常生长，促进叶原基的发生和花芽分化。

苗床的温度控制，喜温性作物白天为20～25 ℃，夜间13～16 ℃；喜冷凉作物白天18～22 ℃，夜间8～12 ℃。应给以较强的光照强度和较长的光照时间。在管理方法上主要是早揭晚盖不透明覆盖物，适当加大通风量和通风时间，并及早间苗，保持合理的密度，向床面撒1～2次细干土，不使畦面龟裂，减少水分蒸发。

夏秋季育苗床还要及时拔除杂草，喷药防治病虫害，并向畦面喷水降温。

幼苗期，要根据天气情况掌握揭盖不透明覆盖物的时间，尽量争取早揭晚盖，延长光照时间。根据床内温度状况掌握通风时间和通风量，特别要注意夜间床内温度的变化，前期防止夜温偏低，中、后期防止夜温偏高。

苗期一般不追肥，为了补充秧苗的营养，可视苗情进行根外追肥。一般喷施0.5%的磷酸二氢钾溶液或尿素溶液。

夏秋季育苗，成苗期主要是做好防雨和雨后防积水，还要做好喷药防治病虫害，主要虫害有蚜虫、白粉虱、菜青虫等。

3. 移栽前的锻炼　早春育苗秧苗移栽前的锻炼，可增加秧苗对大田栽培环境的适应能力。方法是在定植前7～10 d逐渐降低苗床温度，加大通风量，逐渐撤除床面覆盖物，直到定植前3～4 d全部撤除覆盖物，使育苗场所的温度接近栽培场所的温度。在大棚内育苗，大棚定植的秧苗，由于育苗环境与栽培环境变化不大，可以稍行锻炼。

秧苗定植前1～2 d浇透水，以利起苗带土。同时为减少病害发生，喷一次防病农药，结合根外追肥。起苗时注意根、茎部分有无病状，发现有病害侵染的，应坚决予以淘汰。

二、移栽技术

(一) 移栽前的准备

1. 土地准备　整地作畦(或作垄)时已普遍施过基肥(主要是有机肥、土杂肥等)者,在定植前仍应按预定的株行距开穴(或开沟),施入充分腐熟的有机肥,与土拌匀再覆一层细土,以免定植时秧苗根系与肥料直接接触。为保证幼苗及时吸收营养,定植前还可在穴内或畦面施入少量的速效化肥,一般以 100 kg/hm^2 左右为宜。

2. 秧苗的准备　一般作物的秧苗,以具有 3～6 片真叶时为定植适期。有些作物根系再生力强,如茄果类蔬菜,可以带花或带果时定植,以提早成熟;有些作物根系再生力弱,而且叶面积增加快,应在秧苗小时定植,如瓜类、豆类蔬菜最好用塑料杯、营养土块育苗,以免定植时过分损伤根系。

(二) 栽植的时期与方法

1. 栽植时期　我国幅员广大,作物种类繁多,各地的气候条件不同,因此不可能有统一的栽植日期。各地应根据气候与土壤条件、植物种类、需要产品上市的时间来决定播种与栽植的时期。长江以北地区,喜温作物冬季不能露地栽培,春季气温转暖后,土壤温度稳定在 10～15 ℃时,才能将秧苗定植于露地。即使是耐寒和半耐寒的作物,在北方也不能在严寒的冬季进行露地生产,翌春只要在土壤和气候适宜的情况下,均应及早定植为宜。华南热带和亚热带地区终年温暖,对定植期的要求就不那么严格。

2. 栽植方法　秧苗的栽植方法,一般是先开穴或开沟,按预先计划好的距离栽下、覆土,适当压紧,浇水,待水全部渗下去以后,间隔几小时,在定植穴的表面覆以细干土。这样既充分保证土壤湿度,又能使干土易于吸收太阳光能,增加地温,促进根系恢复生长。对于一般秧苗,带土移栽或以塑料杯、纸袋、营养土块育苗的蔬菜,均可采用这种方法。

秧苗栽植的深度,一般以埋至子叶节为宜。如番茄、茄子等,但黄瓜、洋葱等宜浅。北方春季土温低,定植不宜过深,否则发根慢。此外,在潮湿地区不能定植过深,以免下部根腐烂。

栽植时的气候条件与秧苗的成活率及还苗快慢有密切的关系。北方春季栽苗应选无风的晴天进行,因为晴天气温和土温较高,有利于还苗;阴雨及刮风天不宜栽苗。南方栽植时为了减少地上部的蒸腾,宜在阴天无风的日子,避免烈日曝晒,一般的天气,下午定植比上午好。

(三) 栽植密度

1. 合理密植的意义　合理密植,能够增加产量。其主要原因是单位面积株数增加,以及单位面积内的叶面积及根系在土壤中分布的体积均增加。能够更好地利用光能、空气,以及土壤中的水分和矿物盐。

农作物干物质的 90%～95%是有机物质,其中十分之九是光合作用的产物,叶是进行光合作用的主要场所,叶面积的增加,为充分利用光能创造有利条件。单位面积内总株数增加后,根系增加,吸收面积扩大,而且密植后促使作物根系向纵深发展,有利于吸收深层土壤中的水分和养分。

合理密植还可以促进某些植物产品的品质,芹菜、茼蒿、菠菜等叶菜类,倘若栽植距离过大,植株纤维发达,组织粗硬,不能获得柔嫩的叶子,而对于萝卜、胡萝卜等根菜类,栽植过稀,容易引

起肉质根的分杈。

2. 个体产量与群体产量的关系　群体产量由个体产量构成。个体生长好,产量高,群体的产量才会高。但是群体产量不是个体产量简单的相加。高产的群体,往往是由个体数较多,植株较壮的个体构成。

群体愈密个体愈弱,是作物群体与个体间发展的一般规律。当密度尚小时,适当增加密植度,对于个体的生长,没有明显削弱的影响,因而可以增加群体的产量。但是如果进一步增加密度,由于群体透光过少,光强不足,空气不流通,容易发病及倒伏,个体生长过弱。这样群体的产量反而下降。

3. 密植与栽培技术的关系　推行密植必须与其他栽培技术互相配合,才能收到良好的效果。密植后因单位面积株数多,根系向横向发展的范围缩小,根系可以尽量向下伸展,吸收深层土壤中的养分。因此必须与深耕,多施肥料,适时灌溉相结合,这样才能增加植株吸肥能力和抗倒伏的能力。

植株调整措施不同,作物的栽植密度也不相同,例如栽培番茄采用单干整枝搭架的,比双干整枝的密些。为了适应机械化生产的要求,应适当扩大行距,而缩小株距,便于进行机械操作,也有利于通风透光。

密植后应及时措架、整枝、压蔓、摘叶,使植株向空间发展,摘除过多的不必要的枝条和衰老的叶片,改善通风透光,减少不必要的养分消耗。

密植度增加后,株间的湿度增加,则比较容易发生病、虫害。应加强病虫害的防治工作。

(四) 栽植方式

生产证明,当密度增大时,配合适当的种植方式,更能发挥密植的增产效果。作物种植方式多种多样,但归纳起来,主要可分为等行距和宽窄行两类。

1. 等行距种植　种植行距相等,株距随密度而定。其特点是植株叶片、根系分布均匀,能充分利用养分和阳光;播种、定苗、中耕除草和施肥培土等便于耕作。但在肥水足、密度大的条件下,在生育后期行间郁蔽,光照条件差,群体个体矛盾尖锐,影响产量提高。

2. 宽窄行种植　也称大小垄,行距一宽一窄,株距根据密度而定。其特点是能调节植物后期个体与群体间的矛盾,在高密度高水肥条件下,由于大行加宽,有利于中后期通风透光。

(五) 栽植后的保苗措施

幼苗栽到大田后,因根部受伤,妨碍水分和养分的吸收,有一段时间停止生长,待新根产生后,才恢复生长称为“还苗”。还苗的时间越快越好,这是争取早熟、丰产的一个重要环节。

为了达到以上目的,应采取一些措施。对于根系受伤后恢复生长缓慢的作物,最好用塑料杯或营养土块育苗,定植时可以少伤根,做到还苗快;没有采用塑料杯育苗的其他作物,定植时应尽量多带土,少伤根。栽植后若太阳过强应行遮荫;偶尔遇霜冻,可用覆土防寒、熏烟或灌水等防冻措施;还苗前应注意浇水,促进成活。

第四节　施肥

一、施肥的基本原理

(一) 养分归还学说

德国化学家李比希(J. V. Liebig)论述了植物、土壤和肥料中营养物质的变化及其相互关系，较为系统地阐述了元素平衡理论和补偿学说："由于人类在土地上种植作物并把这些产物拿走，这就必然会使地力逐渐下降，从而土壤所含的养分将会愈来愈少。因此，要恢复地力就必须归还从土壤中拿走的全部东西，不然就难以指望再获得过去那样高的产量，为了增加产量就应该向土壤施加灰分"。养分归还学说是在生物循环的基础上，通过人为的施肥对土壤养分亏损的一种积极的补偿。

(二) 最小养分律

"即植物为了生长发育需要吸收各种养分，但是决定植物产量的，却是土壤中那个相对含量最小的有效植物生长因素，产量也在一定限度内随着这个因素的增减而相对地变化。因而无视这个限制因素的存在，即使继续增加其他营养成分也难以再提高植物的产量"。它提醒我们在施用肥料时，应该找出各种植物所需养分之间的适宜比例关系，才能够有效而又经济合理的施肥。

(三) 因子综合作用律

作物生产是影响作物生长发育的各种因子，如水分、养分、光照、温度、空气、品种以及耕作条件等综合作用的结果，其中必然有一个起主导作用的限制因素，产量在一定程度上受该限制因素的制约，为了充分发挥肥料的增产作用和提高肥料的经济效益，一方面施肥必须与其他农业技术措施密切配合，另一方面各种肥料养分之间的配合施用，也应该因地制宜地加以综合应用。

二、施肥的原则

(一) 肥料种类

施肥是人为地向土壤中补充一种或多种营养元素，从而弥补土壤供肥能力的不足。这是作物主要的营养来源。肥料种类很多，但一般将肥料分为有机肥料、化学肥料和生物肥料三大类。

1. 有机肥料　有机肥料是指富含有机质的肥料，以动植物的残体或排泄物经过或多或少的加工制造而成。如堆肥、厩肥、人粪尿等。有些有机肥料可以直接施入土壤，如绿肥、炕土、河泥等。有机肥料的特点是：

(1) 有机肥料是一种完全肥，它含有农作物生长发育所必须的氮、磷、钾三要素和钙、镁、硫、铁等植物需要的其他营养元素，还有丰富的有机质。此外还含有微量元素和一些植物激素。

(2) 有机肥料肥效稳而长，新鲜的有机肥料中的养分，主要处于有机化合物的形态，难于被植物吸收利用，必须经过微生物分解，使养分逐步释放，才能为作物吸收利用。因此，见效慢，肥效长，属迟效肥料。通常用做基肥。

(3) 有机肥料经微生物分解后，部分形成腐殖质。腐殖质可以改善土壤的理化性状，促使团粒结构的形成，增加土壤的缓冲性能和保水、保肥能力。因此，有机质肥料是培养地力的好肥料。

(4) 有机肥料本身含有大量的微生物，它又是微生物所需养分的主要来源，所以施用有机肥料的土壤微生物活动显著增强。微生物活动的结果，可释放出大量 CO_2，并产生有机酸、可溶性

矿物质,从而进一步促进了光合作用和难溶性矿物盐类的转化,也为植物提供了丰富的养分。

可见有机肥料有着许多优点,但是有机肥料也有一定的缺点。例如肥效慢,养分含量低,并且不能针对作物各发育时期的需要供给足够的养分。因而往往要与化学肥料配合施用。

2. 化学肥料　化学肥料是指由化工厂制造出来的肥料,绝大部分化学肥料都是无机化合物,所以又称无机肥料。可分为氮素化肥(硫酸铵、氯化铵、尿素等),磷素化肥(过磷酸钙、钙镁磷肥等),钾素化肥(氯化钾、硫酸钾等),复合肥和各种微量元素肥料。化学肥料的特点是:

(1) 养分含量高,肥效快。化学肥料单位重量内作物所需要的养分含量多,例如 1 kg 硫酸铵所含氮素,相当 30～40 kg 人粪尿。化学肥料肥效快,又称做速效性肥料。化学肥料在土壤中肥效较短,如遇大雨易随水流失,应分期少量施用。

(2) 养分比较单纯。一般含一种或二种主要养分,是不完全肥料。必须多种肥料配合施用。

(3) 不含有机质,长期施用会使土壤性质变坏。为了克服这一缺点,农业生产上除施用化学肥料外,还应施用有机肥料。

(4) 养分含量高,用量少,运输和施用方便,节省劳力。

3. 生物肥料　生物肥料是利用土壤中一些有益微生物制成的细菌肥料。它并不含有现成的营养元素,只有促使难溶性肥料转化为易被植物吸收的可溶性肥料的作用。必须和其他肥料配合施用,才能发挥效能。还有一些细菌肥料可固定空气中的氮素。目前应用的生物肥料有根瘤菌、固氮菌、磷细菌、钾细菌、抗生菌及固氮兰藻类肥料等。

4. 缓释肥料　缓释肥料是通过包膜预先设定肥料在植物生长季节的释放模式,使其养分释放规律与植物养分吸收规律同步,从而达到提高肥效目的一种肥料。该类肥料可随播种一次性施入,可减少肥料的挥发、淋失以及对地下水的污染,有利于保护生态环境,具有较大的经济、社会、生态效益。

(二) 施肥数量

施肥过多,不仅造成浪费,而且会影响植株的正常生长发育。植株对肥料的反应因植物种类、土壤类型、前茬种植情况而变化。即使这些因素都相同,它还要受当地气候和生长季节的影响。因此,需要根据当地具体情况和植物种类(甚至不同品种)来进行施肥量试验,不能完全照搬外地的试验结果。

在生产中进行土壤、植株诊断的基础上,可根据下面几点来确定施肥量。

(1) 根据栽培方式及集约化程度来决定施肥量　当产量较低时,对施肥量的要求不明显。随着单位面积产量的增加,栽培方式和集约化程度越高,对肥料的种类和数量要求越高。

(2) 根据前茬蔬菜有机肥、化肥的施用量及土壤保肥能力确定施肥量　例如,土壤中的无机氮一般只能保持一季,而磷和钾则能保持几季甚至几年。因此,施肥量上就要注意这些特点。

(3) 耕作制度　轮作、栽培方式以及有机肥的施用与否,都影响到施肥量。

(4) 天气情况也影响到施肥量　雨水较多地区,土壤养分流失严重,就应考虑增加施肥量。

(5) 根据肥料种类来确定施肥量　不同肥料养分、含量不同,因此,施肥量要根据肥料种类而定。

(三) 施肥时期

施肥时期主要根据施肥目的及肥料种类而定。

1. 基肥　所谓基肥,就是在播种或定植之前施到土壤中的肥料,它为植株的生产提供最基

础的营养。作基肥施用的肥料多为有机肥。但在生产中有机肥也不一定完全作基肥来施，也可留一部分作追肥施用。以有机肥作追肥时，施用时期要掌握在植株生长的前半期进行，以充分发挥有机肥的肥效。

2. 追肥　追肥是基肥的补充，应根据不同植物不同生长时期的需肥特点，适时适量地分期追施，既满足植物各个生长时期的需要，也避免施肥过分集中而产生不良效果。追肥施用的肥料多为化学肥料，具体来说又分为：

(1) 壮苗肥　直播蔬菜的壮苗肥一般于团棵期施用；育苗移栽者，则在定植缓苗后施用。

(2) 发棵肥　对果菜类来说，发棵肥的目的是促使植株在坐果前生长健壮，且能正常地进入结果期。

(3) 催果肥　催果肥是促进果实发育膨大的肥料。第一次追肥于果实坐住后进行，第二次于果实膨大盛期前进行。

追肥的方法很多，可以条施、环施、穴施、沟施或顺水冲施，应根据肥料的种类和耕作情况、土壤性质而定。当然，化肥也可作基肥施用，其施肥时期一般与有机肥相同。有时可把化肥作种肥或定植肥施用，随播种、定植进行。

3. 根外追肥　根外追肥是将一种无毒无害的含有多种营养成分的有机或无机肥料水溶液，按一定剂量和浓度，喷施在植物的叶面上，起到直接或间接供给养分的作用，也称叶面施肥。根外追肥对养分针对性强，吸收快、肥效好，可避免土壤对养分的固定、淋溶，是对根系吸肥不足的补充措施，具有省肥、省工、简便快捷的优点。根外追肥的种类很多，普通的化肥尤其是微肥是最常用的，此外还有很多复合制剂及植物生长调节剂。

根外追肥的效果受外界因素影响很大，包括温度、光照、湿度、雨量等，另外也受叶片结构及生长状况的影响，因此根外追肥应掌握好施用的种类、浓度、时间、次数、方法。

三、施肥技术

1. 有机肥　有机肥一般作基肥施用，也可作追肥。作基肥时通常先撒施，然后整地。但对种植行距比较大的植物种类，如果菜类基肥最好集中条施。在集中施肥时，还应注意分层施用，以及充分与各层土壤拌匀，这样，一方面有利于植株根系在不同生长时期都能吸收到养分。另一方面不至于因施肥过多、过于集中而导致“烧根”现象。当有机肥施用量比较多时，可以将其中的一半于耕地前撒施，另一半于播种前或定植前开沟集中撒施。用有机肥作追肥时，要开沟或挖穴施，但在有些情况下，也可于冬季地表撒施有机肥，稀释后的人粪尿等可以于地表施用。

2. 氮肥　氮肥是速效肥，其利用率一般为25%～50%，所以速效氮肥不宜作基肥一次施用，而要分期施用；只有当土壤中速效氮不充足时，才以一小部分氮肥作基肥。氮肥作追肥时，一般施入地表以下5～10 cm深。如果于地表撒施，不仅碳酸氢铵会发生挥发损失，就是比较稳定的尿素、硝酸铵等，在阳离子交换能力小的干热土壤上表面撒施，也能挥发损失。

氮肥的施用，要安排在每个需肥关键期（或高峰期）3～5 d前施用，不要过早或过晚。对于速生叶菜类蔬菜，最好于播种或移栽时施氮肥总量的1/2～2/3。对于生长期较长的蔬菜来说，则要分期追肥，保证整个生长期内氮素的均衡供应。对于行距大、收获又比较早的蔬菜，应尽可能地将氮肥穴施于根系附近。

3. 磷肥　磷肥在土壤中分解速度较慢，且在土壤溶液中的扩散距离较短，所以，磷肥一般作基肥集中施用。需要追施磷肥时，可追施速效含磷肥料，如磷酸氢二铵。为提高磷的肥效，一定要靠近根系进行穴施。

4. 钾肥　土壤中钾离子能被吸附在土壤胶体表面而不易被淋洗掉，而土壤溶液中 K 浓度较低，所以土壤中钾被淋溶损失较少。被吸附的钾离子只有被交换到土壤溶液后，才能被根系吸收利用。因此，钾肥可以作基肥，也可以作追肥。

钾肥作追肥时，其施用方法与磷肥和氮肥相似，即挖穴地下施肥。由于钾肥的溶解性以及移动性都比氮肥低，所以，一般于植株需钾的关键时期前 5～7 d 施用。

5. 微量元素　微量元素可以根施，也可以叶面喷施。但由于有些微量元素在土壤中很容易沉淀而失去有效性，所以，生产中最好采用叶面喷施。喷施浓度通常为 0.3%～0.5% 的水溶液，铜、钼的施用浓度应适当降低。喷施时间一般在傍晚前后，这样可以延缓叶面雾滴的风干速度，有利于离子向叶片内渗透。喷施时要均匀，使叶片正反面都潮湿为好。用液量因植株大小而异；一般为 25～50 kg/667 m^2。

第五节　水分管理

一、灌溉

(一) 灌溉的原则

土壤湿度的调控应当依据天气状况、土壤湿度状况及作物各生育期需水量、体内水分状况而定。目前我国作物栽培的土壤湿度调控仍然依靠传统经验，主要凭人的观察感觉，调控技术的差异很大。但随着栽培技术的发展，要求科学合理地对土壤湿度进行调节。

1. 灌水期　当土壤水分下降到某一数值时，农作物因缺水而丧失膨压以致萎蔫，即使在蒸腾最小的夜间膨压也不能恢复，这时的土壤含水量称为“萎蔫系数”或“凋萎点”；一般灌水都是在凋萎点以前，但该点在同一土壤上，因作物根系大小、栽培方式和是否有覆盖等差异很大。

灌水期依植物种类、品种、栽培季节、生育阶段、天气状况、土壤状况、根系范围、地下水位、栽植密度以及施肥方法等而异，所以应当在试验研究之后决定灌水期。

2. 灌水量　灌水量应当根据植物生理需要和土壤湿度而定。灌水量与作物种类、气象条件、土壤条件等有关。灌水量还受植物的生育状况、通风、加温、地面覆盖等的影响。如黄瓜等果菜，1 次灌溉量较少、间隔日数较短，比 1 次灌溉量较多、间隔日数较长的产量高。但在寒冷季节，1 次多灌，间隔时间要长，以免频繁灌水降低地温。

(二) 灌溉方法

目前我国采用的灌溉方法，按向田间输水的方式和湿润土的方式分为地面灌溉、地下灌溉、喷灌和滴灌四大类，其灌溉技术要求分别如下：

1. 地面灌溉　地面灌溉是指水在地面流动或蓄存的过程中，借重力作用和毛管作用湿润土壤的灌溉方法。这种方法所需设备少，投资省，技术简单，是我国目前应用最广泛，最主要的一种

灌溉方法。地面灌溉按其田间工程和湿润土壤方式又分为畦灌、沟灌和淹灌。

(1) 畦灌　畦灌是将田块作畦，水从输水沟或水渠进入畦田，以水层沿田面坡度流动，逐渐湿润土壤。

(2) 沟灌　沟灌是在作物行间开沟灌水，水在流动过程中借毛管作用和重力作用向沟的两侧和沟底浸润土壤。宽行中耕作物如棉花、玉米、薯类多采用沟灌。

(3) 淹灌　淹灌是在水稻田表面保持一定深度水层，水在重力作用下不断向土壤中渗透，满足水稻生长的需要，这种灌溉技术为稻田广泛采用。

2. 地下灌溉　地下灌溉是利用埋设在地下的管道，将灌溉水引入田间作物根系吸水层，借毛细管的吸水作用，自下而上湿润土壤的渗水法。这种方法能使土壤湿润均匀，湿度适宜，能保持土壤结构，为作物生长创造良好的环境，还有减少地面蒸发、节约用水、灌水效率高、灌水与其他田间作业同时进行等优点，在干旱缺水地区有较大发展前途。

3. 喷灌　采用水泵和管道系统，在一定压力下，把水喷到空中，散为小水滴，如同降雨一样湿润土壤的灌水方法。喷灌可以灵活掌握灌水量，根据作物的需要及时适量地灌水，可以控制喷灌强度，使地面基本上不发生径流，不致破坏土壤结构，能调节土壤水、肥、气、热状况，改善田间小气候，并能冲掉作物茎叶上的尘土，有利于作物的呼吸和光合作用。因此，与沟、畦灌相比，一般可省水20%～30%，增产10%～20%，适应起伏不平的地形。它的缺点是需要消耗动力，投资较高，灌水质量受风力影响。

4. 滴灌　利用低压管道系统把水或溶有化肥的水溶液，经过滴头以点滴方式均匀缓慢地滴到根部土壤，使作物主要根系分布区的土壤含水量经常保持在最优状态的一种先进灌水技术。滴灌具有省水、省工、增产的效果。我国自1974年引进滴灌技术，在果树、蔬菜和粮食作物上进行试验证明，滴灌使田间基本上消除了渠道渗漏和蒸发损失，在灌溉面积相等情况下，滴灌的水源工程蓄水量，一般只有地面灌溉的1/6～1/8，且能适应各种地形，不需要开渠，平整土地和作畦筑埂，便于实行自动控制，节省劳力。滴灌系统的干支管道埋在地下，节省了渠道占地。随着我国工业的发展，尤其是塑料工业的发展，滴灌事业将会受到重视。

二、节水和旱作农业

(一) 旱害

作物因缺水而受到的危害称为旱害。缺水的现象可分为大气干旱与土壤干旱两种。

大气干旱是指空气湿度过低，加速植物的蒸腾作用。大气干旱常常伴随着空气的高温，在这种情况下植物加强蒸腾来发散体温，但在干旱时根系又来不及吸收足够的水分供应蒸腾，给植物的开花、授粉等生育造成不良的影响。但只要土壤水分充足，单纯因为空气湿度低，不至于造成植物的死亡。土壤干旱严重时，作物不能从土壤中得到所需要的水分来弥补因蒸腾散失的水分，就会因失水过多，正常的代谢活动不能进行而受害，严重者全株枯死。

土壤干旱可分为两种 第一种是由于长期大气干旱引起土壤可利用水的缺乏而造成；第二种是土壤中有可利用的水，由于作物生理功能受影响而不能被利用，如土温低、通气不良、酸度与盐分过高等因素，使植物根系不能正常进行生命活动，因而不能吸收土壤中的水分，以致使作物受害。

（二）节水农业与节水农业工程

1. 节水农业　水是生命之源，是人类生存和社会发展不可缺少的基本条件。水资源短缺，供水不足，已成为全球性问题。早在1972年联合国召开的“人类环境”会议和1977年召开的“水”会议就向全世界发出警告：“水不久将成为一项严重的社会危机，石油危机之后的下一个危机便是水。”当今大多数国家和地区，特别是发展中国家，普遍受到供水不足和水源污染的严重威胁。

中国水资源缺乏已是不争的事实。1998年美国世界观察研究所所长莱斯特·布朗等撰文，称《中国水资源短缺有可能动摇世界粮食安全》，这从一个侧面说明国外有关学者对中国水资源短缺对世界粮食影响的关注。根据土地部门最近资料分析，目前全国1.3×10^8 hm^2左右的耕地面积中，水田、水浇地占5 110$\times10^4$ hm^2，不足耕地面积的40%，而生产的粮食却占全国粮食总产量的80%左右。我国之所以能以世界7%的耕地，养活占世界22%的人口，正是因为我们拥有占世界22%的灌溉面积起到了关键作用。

2. 节水农业工程　节水农业工程技术是根据作物需水规律和当地供水条件，有效地利用降水和灌溉水，获取农业最大的经济效益、社会效益、生态环境效益而采取的多种措施的总称。具体地说，是采取对工程、农艺以及管理等方面的先进和实用技术的组装配套、高度集成，实现区域有限水资源总体利用率最高及其效益最佳的综合技术。

农业水资源包括降水、地表水、地下水、土壤水和经过净化处理的废污水。对农业水资源的合理开发，是指采用各种必要的工程措施（水源工程，如水库、机井等），对天然状态下的水进行有目的地干预、控制和改造，在维护生态平衡条件下，为农业生产提供一定的水资源量。从水源引水输送到田间是通过输水工程来实现的（如衬砌渠道、输水管道），重点是减少沿程输水损失。而转化为土壤水要通过各种适宜于当地的先进灌溉技术，如改进沟畦灌、喷灌、微灌、管道灌溉、膜上灌、注水灌等，同时采用田间水分调控措施，如薄膜或秸秆覆盖，施用保水剂、吸水剂、抑蒸剂以及耕作栽培措施等。上述两个环节的重点都在于减少田间水分无效消耗，尤其是无效蒸发、蒸腾和深层渗漏。第四个环节是研究水分与作物生长直至转化为经济产量的关系，包括作物本身的生物学特性、水分生理机制以及作物与环境中水、肥、气、热诸因素的关系，这是目前研究的前沿和热点。而管理节水是贯穿于从水源到作物产量形成的整个用水过程中。这些技术包括制定节水灌溉制度、土壤墒情监测与灌溉预报技术、优化配水技术、量水技术以及现代化管理的高新技术。

（三）旱作农业高效用水技术

1. 调整农业结构，适水种植　不同的农业结构有不同的用水需求，应充分考虑当地的水资源条件进行合理安排。节水农业的种植结构，必须遵循以下两个原则：一是充分利用当地的光、热、水资源；二是能获得较高的经济效益和生态效益。因而按降水时空分布特征、地下水资源、水利工程现状，合理调整作物布局，选用作物需水与降水耦合性好、耐旱、水分利用率高的作物品种，以充分利用当地水资源。

2. 抗旱育种与抗旱高产品种的选用　现代节水育种与选择抗旱高产的作物种类和品种是使生物适应干旱环境，以生物机能提高作物产量和水分利用效率（WUE）。一般认为，水分利用效率是品种抗旱增产的典型性状，是可遗传的，可以通过引种或选育具有高水分利用率的抗旱或耐旱品种达到节水高产的目的。

3. 耕作蓄水保墒技术　采取机耕或全方位深松机对土壤进行深松,打破深度犁底层,加深土壤耕层疏松厚度,增加土壤蓄水容量。从前茬作物收获到下季作物播种,这段休闲时期的耕作,应不误时机抓好浅耕灭茬,伏耕蓄墒和早秋深耕三个环节。

4. 抗旱栽培技术

⑴ 引种抗旱植物　种植抗旱植物是利用蓄积起来的降水和有限的灌溉水源,在干旱条件下获得良好收成的经济可行措施。不同植物,同一植物不同品种对于干旱适应性不同,稳产性有异。广为种植的旱作物有小麦、谷子、糜子、高粱、红薯等。

⑵ 处理种子,增强抗旱力　使用化学药品进行拌种:一是黄腐酸拌种,黄腐酸是一种新型叶面抑蒸剂,在其刺激作用下根系发达,在干旱缺水时起到了"开源"的作用,增强了作物抗旱能力。二是高吸水性树脂(简称吸水剂)拌种,吸水剂是一种能够迅速吸收相当于自身重量数十倍乃至数百倍水分的新型高分子化合物,在一定土壤水分范围内,吸水剂对种子萌芽和出苗有一定的促进作用。

⑶ 抗旱播种,力争出全苗

① 抢墒播种　当土壤水分合适时,趁墒早播。如比较耐寒的麦类作物顶凌播种,种在土壤返浆期以前,就能赶上土壤墒情较好的时期,发芽出苗。否则在返浆后,土壤干燥,这时再种就会遭受干旱。

② 提墒播种　秋耕过的春播地,在早春耙地保墒的基础上,进行播种前的镇压,然后播种,对提高播种质量,改善土壤水分(耕层含水量可提高1%～3%),达到全苗、壮苗,具有良好效果。

③

深播均属找墒播种。这种播种方法本是特别干旱情况下采用的应急措施,现已成为某些作物夺取高产的播种方法。通过开沟把表层干土移至两侧,而把种子播于沟内湿土内,播后可顺沟镇压。

5. 农田覆盖栽培技术　农田覆盖技术是用人工方法改善土壤——水分条件。在农田上覆盖沙粒、卵石、谷草、树叶、畜粪等,以改善土壤的温度、水分、养分和土壤结构等条件,从而保持土壤水分、提高地温,促进农作物的生长发育,改善品质,增加产量。这是一项历史悠久的农业技术措施,已在西北干旱地区得到较广泛的应用。塑料薄膜地面覆盖栽培技术、秸秆地面覆盖可以保水早已被生产实践所证明。

6. 作物、土壤水分消耗的化学控制技术　应用减少作物蒸腾和农田无效蒸发的抗蒸腾化学药剂,以改善和调控环境水分条件,增加土壤—作物抗旱能力,是提高水分生产潜力的又一有效途径。目前已发现了关闭气孔型、薄膜型和反射型等三类抗蒸腾剂。但由于价格昂贵、有残毒以及在复杂的田间条件下对提高作物抗逆性、提高水分利用效率和抗旱增产作用效果不稳定等原因,未能在生产上广泛应用。

三、涝渍害及其防治

㈠ 涝渍害

陆生植物土壤水分过多,或植株的一部分被水淹,影响正常的代谢活动,这就叫做涝渍害。水分过多对植物的危害主要不是水分本身所引起的,而是由于水分过多引起的一系列间接影响

所造成的。

一是水分过多使土壤中氧气不足，使根部缺乏氧气，根系进行无氧呼吸，以致水分和矿质元素的吸收受到阻碍，造成生理性的土壤干旱和营养不足现象。

二是引起嫌气性细菌活跃，在土壤中积累过量有机酸和无机酸，增大土壤溶液浓度，影响植物对矿质养料吸收，同时产生一些有毒的还原物质，直接毒害根部，如硫化氢（H_2S）、氨（NH_4^+）等，使根部中毒而死亡。

（二）排水的作用与方法

农田排水的主要作用是降低地下水位，促进土壤空气流通，增加作物的有效养分，提高土壤温度，从而改善了作物生长的土壤条件。

1. 明沟排水　明沟排水就是建立一套完整的地面排水系统，把地上、地下和土壤中多余的水排走，控制适宜的地下水位和土壤水分。由于各地自然特点和对排水的要求不同，明沟排水的任务和布置也不一样。

2. 暗管排水　通过埋设地下暗管（沟）系统，排除土壤多余水分，降低地下水位。暗管排水的特点是排得快，降得深。与明沟排水比较，具有工程量小，地面建筑物少，土地利用率高，有利于交通和田间机械化作业等优点，并可避免因沟坡坍塌，沟深不易保持的缺陷；与竖井排水相比，暗管排水的优点是能有效地解决水平不透水隔层排水问题。

3. 竖井排水　竖井排水是利用浅井，抽排地表以下第一层浅水。在沙土、粉沙土地区，明沟易于坍塌和淤塞，由浅井抽排地下水，结合灌溉或排水明沟导入外河，对综合治理旱涝碱的效果显著。

4. 生物排水　植树造林不仅能改变农田小气候，而且通过林木蒸腾作用可以降低地下水位。树木主要靠根系吸收土壤水和地下水，除极少一部分水被本身利用外，绝大部分通过树叶的蒸腾作用，将大量水分散发到空气中去。林网对调节温度、提高湿度、增加雨量也有一定作用。

第六节　病虫草害防治

一、病虫草害防治的基本方法

（一）植物检疫

植物检疫又称法规防治，是由国家颁布法规，对农作物及其产品，特别是种子和苗木的调运进行检疫和管理，防止危险性病、虫、杂草人为地传播蔓延，确保农业生产安全的一项重要措施。植物检疫有对外植物检疫和对内植物检疫之分。因此，加强检疫，严把种苗调运关，控制危险性病、虫、杂草的传播扩散十分重要。

（二）农业防治

农业防治就是利用农业生产过程中各种技术环节加以适当改进，创造有利于作物生长发育，不利于病虫草害发生和为害的条件，从而避免病虫草害的发生或减轻为害，是夺取丰产丰收的根本措施。由于农业防治法的许多措施本身就是丰产栽培措施，与生产过程结合得比较紧密，一般

不需要额外的费用和劳力,而且其效果往往是持续的,对人、畜、作物是安全的,对环境不会有任何污染。因此,农业防治法最能体现“预防为主、综合防治”的植保方针,它是综合防治的基础。

农业防治措施主要包括利用抗病虫品种、合理布局、轮作换茬、合理耕作、科学管理、及时收获等。

(三) 物理机械防治

物理机械防治法就是利用各种物理因素及机械设备或工具防治病虫草害。这种方法具有简单方便,经济有效,副作用少的优点。

1. 机械防治　采用人工或机具器械防治病虫草害。主要有清除法、捕杀法、诱杀法、隔离法等。

2. 物理防治　利用病虫草对光、热、色、射线、高频电流、超声波等物理因素的特殊反应来防治病虫草害。主要有利用光防治病虫害,利用颜色防治病虫草害,利用热防治病虫草害,利用原子能、激光、电磁波超声波等物理新技术防治病虫害等。

(四) 生物防治

生物防治就是利用有益生物及其产品来防治病虫草害的方法。生物防治具有范围广阔、自然资源丰富,可就地生产就地应用,特别是它不污染环境,对人、畜和蔬菜安全的特点。除具有一定的预防性外,有的连续使用后对一些病虫草害的发生有连续的、持久的抑制作用。

生物防治主要包括利用拮抗微生物、病原物的寄生物、交互保护作用、抗生素以及植物抗菌剂等来防治作物的病害 利用天敌昆虫、害虫的致病微生物、寄生线虫、原生动物以及杀虫素等来防治蔬菜害虫。杂草的生物防治开展的还较少,但它是防除杂草的新领域。杂草生物防除最多的是利用杂草的病原物,成功用于生产上的例子就是用鲁保一号防除菜田琵菟丝子。

(五) 化学防治

化学防治法就是利用化学农药防治病、虫、草害及其他有害动物的方法。化学防治使用方便,防治对象广泛,防治效果快而高,能迅速地控制住病虫草害的蔓延为害,对暴发性的病虫害可作为应急措施收到立竿见影的效果。但是,单纯的大量使用化学农药,尤其是使用不当时,常会造成人、畜中毒,植物发生药害,杀伤有益生物及污染环境等问题。长期使用一种化学农药,会使防治对象病、虫、杂草产生抗性,而更加难于防治。菜农在进行化学防治时,只要认真做到安全合理使用农药,就能扬长避短,发挥农药防治的作用。但也必须注意,菜田病、虫、草害种类多,为害重,用药频繁而量大,蔬菜食用部分往往就是着药部位,而且施药后短期内就采收,供应市场。因此,用药要慎之又慎。

二、植物病害防治

植物在生长过程中,常因寄生物的侵害或不良环境的影响,使其生长发育不正常,出现病害症状,致使产量下降,品质降低。根据发病原因和寄生物的不同,可分为侵染性病害和非侵染性病害。侵染性病害又可分为真菌病害、细菌病害、病毒病害等。

(一) 真菌病害

真菌病害在植物病害种类中约占 80% 以上,危害相当严重。真菌可以直接由表皮侵入寄主,也可从伤口或自然孔口侵入。病菌多在病残体、种子、土壤、留种植株或温室植物上越冬,主要借风雨传播,落到蔬菜上,遇适宜条件便可侵入寄主危害。

1. 真菌病害的症状　真菌病害的症状多种多样,较常见的症状有以下几种：

(1) 猝倒　如茄子、辣椒的猝倒病,即在幼苗期茎基部呈水浸状、淡褐色,缢缩变细,猝然倒伏地面。

(2) 果实腐烂　如黄瓜疫病,茎基部软化缢缩,地上部萎落下垂;果实被害时,病部水渍状,凹陷并迅速腐烂,表面有白色霉状物,有腥臭味。

(3) 萎蔫　如瓜类枯萎病,成株发病时,先是部分叶片萎蔫下垂,似缺水状,之后全株萎蔫枯死。主蔓基部纵裂,潮湿时有白色或粉红色霉状物。茎基部维管束变褐色。

(4) 病斑枯干坏死　如黄瓜霜霉病、大白菜霜霉病等,先是中下部叶初生水渍状多角形病斑,逐渐变黄色,继而病斑扩大连成一片,严重时全叶变黄枯干。在潮湿条件下,叶背面密生白色或紫灰色霉状物。再如瓜类炭疽病及辣椒炭疽病等,叶上生近圆形或不规则形黄褐色病斑,后期斑面上轮生小黑粒点同心轮纹,干燥时病斑破裂。

(5) 病叶现白色霉层　如瓜类白粉病,先在叶正面或背面长出小圆形白粉状霉斑,逐渐扩大、增厚,连成一片,发病后期整叶布满白粉,最后整叶变黄褐色而干枯。

(6) 枯焦　如马铃薯晚疫病,多从叶尖或叶缘开始发病,病斑黑褐色,后期局部组织或全部组织坏死,严重时全株一片焦黑。

2. 真菌病害防治

初见发病,及时用药剂防治。根据病害的种类,可选用下列药剂:瑞毒霉、乙磷铝、代森锰锌、加瑞农、杀毒矾、普力克、乙锰、甲霜灵锰锌、甲霜铜喷雾、百菌清、克露、瑞毒铜、倍得利、甲基托布津、双效灵、敌克松、多硫悬浮剂、可杀得、武夷霉素、农抗120、粉锈宁、特富灵、加瑞农、硫磺悬浮剂、敌菌酮、嗪胺灵、敌唑酮、敌力脱、速保利。保护地还可选用百菌清、粉锈宁烟剂熏烟,或喷布百菌清、防霉灵粉尘剂。

(二) 细菌病害

这类病害多在高温、高湿条件下发生。借助风雨、流水、昆虫等传播,从伤口、气孔、水孔、皮孔侵入。病菌在病残体、种子、种株、土壤中越冬。

1. 细菌病害的症状

(1) 萎蔫　萎蔫是植物被细菌侵染后,维管束组织受到破坏引起的症状。发病初期,病株中午萎蔫,傍晚恢复,几天之后,全株便萎蔫死亡。但植株仍为绿色,切断病茎,维管束变褐并有乳白色菌脓溢出。

(2) 腐烂　蔬菜作物柔嫩多汁,尤其是贮藏器官,受细菌侵害后往往发生腐烂。

(3) 斑点或病斑　植物的局部细胞或组织受到破坏而死亡,表现的症状是斑点或病斑。潮湿时,叶背病斑处常有白色粘液。病斑干枯后易穿孔破裂。

粘液即菌脓,是细菌性病害的重要病症,尤以萎蔫类型的细菌病最为显著。

2. 细菌病害防治　发病初期用农用链霉素、新植霉素、可杀得、络氨铜、细菌灵、敌克松、代森铵、401 抗菌剂,喷洒植株基部及地表。

(三) 病毒病害

1. 病毒病的症状　病毒病的主要症状有花叶、枯斑和畸形 3 种类型,畸形包括卷叶、皱缩、丛生、矮化、缩顶、线叶等。病毒病害的症状变化很大,同一种作物受不同病毒的侵染可发生不同的症状,如马铃暮病毒病种类较多,有时表现为花叶,有时表现为卷叶,有时也表现植株矮化丛生

等症状。

2. 防治方法　病毒病的防治较为困难,应采取综合措施,防与治结合。具体方法有:① 建立无病留种基地;② 严格进行种子消毒处理;③ 生产期间做好除草和防蚜工作;④ 发病初期用药剂防治,可喷布磷酸二氢钾 250 倍液,或 20%病毒 A 可湿性粉剂 500 倍液,或 1.5%植病灵乳油 1 000 倍液,或抗毒剂 1 号 300 倍液。7～10 d 1 次,连喷 2～3 次。

(四) 根结线虫病

1. 根结线虫病的症状　发病轻微时,植株仅有些叶片发黄,中午或天热时叶片显现萎蔫。发病较重时,植株矮化,瘦弱,长势差,叶片黄萎。发病重时,植株提早枯死。症状表现最明显的是植株的根部,把植株连根挖出,在水中涮去泥土后可见主根朽弱,侧根和须根增多,并在侧根和须根上形成许多根结,俗称"瘤子"。根结大小不一,形状不正,初时白色,后变淡灰褐色,表面有时龟裂。较大根结上,一般又可长出许多纤弱的新根,其上再形成许多小根结,致使整个根系成为一个"须根团"。剖视较大根结,可见在病部组织里埋生许多鸭梨形的极小的乳白色虫体。

2.

② 重病地与抗线虫蔬菜石刁柏和耐线虫蔬菜韭菜、大葱、辣椒,及非寄主禾本科作物轮作,尤以水旱轮作效果更好。③ 发病地夏季深翻并大水漫灌,可显著减少虫口。保护地可在春茬拉秧后挖沟起垄,沟内灌满水然后覆地膜,密闭温室或大棚 15～20 d,杀灭土壤中线虫效果很好。④ 收获后进行 20 cm 以上深度深翻,可把大量活动于土壤表层的线虫翻在底层,不仅可消灭部分越冬的虫源,同时深翻后表层土疏松,日晒后易干燥,也不利于线虫活动。⑤ 多施有机肥,不仅可增强植株抗性,而且能增加土壤中天敌微生物数量。⑥ 药剂防治。可在播种或定植前 15 d,用 33%威百亩水剂 45～60 kg/hm^2 加水 1 125 kg,开沟浇施,然后覆土踏实。定植时可用 10%力满库颗粒剂 75 kg/hm^2 穴施。田间线虫病发生后,可对发病部位用 50%辛硫磷乳油 1 500 倍液,或 80%敌敌畏乳油 1 000 倍液,或 90%晶体敌百虫 800 倍液灌根,每株灌药液 0.25～0.5 kg。

三、植物虫害及其防治

植物害虫的防治,应大力提倡综合防治,积极发展生物防治等无公害防治技术,尽量减少化学农药的用量。在目前防治害虫仍以化学防治为主的情况下,应严格选用高效、低毒及选择性强的药剂品种,并改进施药技术,尽量保护天敌资源,充分发挥其自然控制作用,最大限度地降低农药对环境和植物产品的污染,逐步实现害虫的无公害治理。

(一) 地下害虫防治

药剂防治可根据具体情况采取不同方法。

1. 药液喷布　发现植株上有幼虫为害时。及时喷药防治,药剂可选用 20%杀灭菊酯乳油 2 500～3 000 倍液,或 20%菊马乳油 3 000 倍液,或 2.5%溴氰菊酯乳油 3 000 倍液,或 21%灭杀毙乳油 8 000 倍液,或 50%辛硫磷乳油 800 倍液,或 90%晶体敌百虫 1 000 倍液,或 80%敌敌畏乳油 1 500 倍液。

2. 撒施毒土、毒砂　可用 50%辛硫磷乳油或 50%甲基异硫磷乳油 0.5 kg,加适量水后拌细土 50 kg 做成毒土。或用 50%甲胺磷乳油或 50%敌敌畏乳油 0.5 kg,加适量水后喷、拌 100 kg

细砂做成毒砂。每 hm^2 施毒土或毒砂 300～375 kg,顺垄撒施在幼苗根附近。

3. 毒饵诱杀　在幼虫为害植株近地表的根茎时,可用菜叶或鲜草毒饵诱杀。取地老虎幼虫喜食的莴苣叶(或其他菜叶)或者灰菜等杂草,切成 1.5 cm 长左右。用 90%晶体敌百虫 0.5 kg,加水 2.5～5.0 kg,拌菜叶或鲜草 50 kg 制成毒饵,于傍晚撒施。每 hm^2 施用毒饵 75～150 kg,每隔一定距离撒一堆。施用毒饵应在多数幼虫达 4 龄以上,整地后蔬菜出苗或移栽前进行。最好在施毒饵前清除田间杂草以减少害虫食料,增加毒饵诱杀效果。毒饵残效期 4～5 d,一般可连续施用 1～2 次。

4. 药液灌根　在虫龄较大、为害严重的地块,可用 80%敌百虫可湿性粉剂 800 倍液,或 50%辛硫磷乳油 1 000 倍液,或 50%二嗪农乳油 1 000 倍液,或 80%敌敌畏乳油 1 000 倍液灌根。

(二) 蚜类防治

因蚜虫繁殖速度快、危害重,应在寄主卷叶前用药,注意喷雾均匀。应大力提倡选用选择性杀虫剂以保护田间大量的天敌。可使用 2.5%蚜虱立克乳油 3 000 倍稀释喷雾,持效期可达 15 d 以上,且对瓢虫保护性好,也可使用 10%扑虱蚜可湿性粉剂 3 000～5 000 倍、2.5%溴氰菊酯等拟除虫菊酯类杀虫剂或 20%灭多威等。保护地中可使用虱蚜克烟剂或敌敌畏烟剂熏杀。

(三) 潜叶蝇类防治

此类害虫主要以幼虫潜叶为害,虫体隐蔽,难以防治,尤以蔬菜斑潜蝇耐药性强,发生世代多,繁殖力强,发育不整齐,防治难度更大。要注意实行综合防治。

1. 及时清洁田园,合理作物布局　保护地种植的前茬不要种植其喜食寄主,种植前彻底清除大棚内的残株杂草。

2. 药剂防治　防治美洲斑潜蝇要抓好"早"和"准",一定要掌握在成虫发生初盛期和初见小蛀道关键期用药,3～5 d 1 次,连用 3 次,上午 8～11 时喷药效果最好,注意喷雾均匀,重点中、下部叶片正面。可选用 18%菜蝇敌、1.8%爱福丁乳油、40%绿菜宝乳油。防治其他一般种类潜叶蝇亦可使用 20%甲氰菊酯等拟除虫菊酯类药剂、40%乐果或 90%晶体敌百虫。对潜叶蝇幼虫期防治,原则上应选用具内吸或内渗作用的药剂。蛹的耐药性很强,药剂防治效果差。

(四) 甜菜夜蛾和小菜蛾的防治

由于甜菜夜蛾和小菜蛾耐药性强,防治困难,对之应特别注意采取综合防治措施。一是合理轮作、换茬,并及时清理田间残株。二是有条件的地区,实行灯光诱杀成虫,并指导田间用药。三是使用生物制剂,如 B.t. 乳剂、爱福丁乳油等,并注意保护利用自然界灭敌资源。四是化学防治,5%夜蛾必杀乳油与菊酯伴侣配套使用,对甜菜夜蛾有特效,也可使用 25%喹硫磷、40%丙溴磷和特异性杀虫剂 5%卡死克和 5%抑太保,25%杀虫双水剂与 B.t. (1∶1) 混用对小菜蛾防效好。在防治时间上要掌握在幼虫低龄期用药,并注意不同类型的药剂交替使用,以减缓抗性的发生,延长药剂的使用寿命。

(五) 螨类的防治

螨类(也称红蜘蛛)是一类小型害虫,一般不易被人察觉,繁殖速度快。对这类害虫的防治,应在正确识别其为害症状的基础上,正确选用药剂,在点片发生期喷雾处理。可使用专一性杀螨剂 20%浏阳霉素乳油、20%双甲脒、73%螨特可湿性粉剂、5%噻螨酮乳油等。拟除虫菊酯类杀虫、杀螨剂 20%甲氰菊酯乳油、5%三氟氯氰菊感乳油和 5%联苯菊酯乳袖,杀成螨、若螨效果好,可虫、螨兼治。防治茶黄螨应集中喷嫩尖、花和幼果;防治棉叶螨重点喷中、下部叶背。另外在种

植时尽量避免重茬,可减少发生量。

(六) 其他一般性害虫的防治

对在表面为害的一般食叶类害虫,如菜青虫、大猿叶虫、二十八星瓢虫等,注意掌握在幼虫3龄前或成虫初迁入菜田为害时及时用药防治。蛀食性害虫,如棉铃虫、豆蛀螟、菜螟等,要在成虫产卵至孵化蛀食前连续用药防治。拟除虫菊酯类杀虫剂对这些害虫防效均好。

(七) 温室白粉虱

温室白粉虱发育速度快、繁殖力强,各虫态混合发生,耐药性强,因此防治较为困难,必须实行农业防治为基础,辅以化学防治的综合防治措施。

1. 农业防治　① 种植前清洁棚室,做到"不见绿"。② 培育使用无虫苗。③ 用50目尼龙网封通风口。

2. 药剂防治　① 燃放烟剂。可使用虱蚜克和敌敌畏烟剂等,以成虫迁入初期用药效果好。② 喷雾防治。可使用10%噻嗪酮可湿性粉剂1 000倍液、2.5%蚜虱立克乳油3 000倍液、20%甲氰菊酯和5%三氟氯氰菊酯乳油2 000倍。

四、草害及其防除

(一) 杂草的危害

1. 降低产量和质量　在植物生产中,杂草与作物共生,争夺养分、水分、阳光和空间,使作物得不到需要的养料和水分,导致产量降低,质量下降。

2. 植物病虫害的媒介　农田杂草中有许多是害虫的中间寄主,如小旋花、马唐等140多种杂草是温室白粉虱的中间寄主,灰菜是桃蚜的中间寄主和媒介。还有很多杂草是病原菌的中间寄主,如车前草是霜霉病的中间寄主,豆瓣菜是白菜黑斑病的中间寄主等。

3. 耗费大量劳动力　除草是一项劳动强度较大的作业,杂草丛生不仅会影响作物正常生长,而且会增加管理用工和费用。

(二) 杂草的防除方法

1. 人工除草法　即人工拔草或结合中耕进行锄草。这种方法劳动强度较大,费工较多。

2. 农业防除法　即利用农业措施达到除草的目的,如轮作、深耕、合理安排茬口、施用充分腐熟的肥料等。

3. 机械除草法　就是利用各中耕机械进行除草。这种方法对减轻劳动强度,提高工作效率有良好作用,但只能除去行间杂草,不能除去株间杂草。

4. 化学除草法　是目前世界上发展较快的一种方法,也是当前防除杂草的一种重要手段。除草剂的种类有3种:① 土壤处理剂,适用于蔬菜播前或播后苗前,如氟乐灵、地乐胺、除草剂1号。② 茎叶处理剂,这类除草剂只适用于某作物的某一生育期,使用时注意防止药害。③ 茎叶兼土壤处理剂,如除草醚、百草枯等。

目前菜田化学除草多采用土壤处理法,而茎叶处理很少应用。土壤处理法就是将药剂撒施到土壤表面,形成一个药剂封闭层,当杂草萌发时,幼芽、芽根接触药剂而被杀死,从而达到除草的目的。土壤处理的具体措施有喷雾法、喷洒法、随水浇灌法和毒土法等。其中喷雾法和毒土法防草效果较好,是目前菜田应用最广泛的方法。

作物种类很多,其栽培方式、抗药能力各不相同。在进行化学除草时,应根据植物种类及杂草生长情况,选择适宜的药剂及使用方法。① 禾本科作物可选用 2,4－D 丁酯、二甲四氯、阿特拉津、杀草丹等除草剂进行土壤地面处理。② 伞形花科蔬菜包括芹菜、胡萝卜、茴香、芫荽等,对多种除草剂有较强的抗药性,常用的除草剂有氟乐灵、地乐胺、除草醚、扑草净、胺草磷等。③ 百合科蔬菜主要包括韭菜、葱、洋葱和大蒜,常用除草剂有除草通、地乐胺、除草剂１号、氟乐灵等,可在播种后出苗前处理土壤。对移栽洋葱、老根韭菜和大葱亦可使用。④ 十字花科蔬菜种类多,栽培面积大,各种蔬菜对除草剂的抗性差异较大。直播时,以萝卜抗药性最强,甘蓝和大白菜次之,小油菜抗药性较差,花椰菜抗性最差。胺草磷可在上述几类蔬菜上使用,除草醚和地乐胺可在前两类蔬菜上使用,除草通和拉索只能在萝卜上应用。⑤ 茄科蔬菜在移栽前后用氟乐灵和地乐胺效果较好、番茄在播后苗前还可用胺草磷、赛克津等处理土壤,防除苗期杂草。⑥ 葫芦科蔬菜主要包括各种瓜类作物,其中黄瓜抗药性最差,对多种除草剂都比较敏感,易发生药害。经初步试验,胺草磷、地乐胺、除草通对直播黄瓜比较安全。冬瓜和南瓜比黄瓜抗药性强,除可用上述除草剂外,还可用氟乐灵除草。

第七节　植株调整

栽培作物的目的,就是要得到产量高和品质好的产品。这些产品可以是根、茎、叶、花,也可以是种子和果实。全都器官都有食用价值的作物很少,这就必须在其生长发育过程中,人为地调整其生长与发育的速度,使之有利于食用器官的形成。

一、植株调整的原理

植物生长的相关性,营养生长和生殖生长的关系,同化器官与贮藏器官形成的关系,是与植物体内营养物质的运输与转化分不开的,这是正确进行植株调整工作的生理学依据。作物的每一植株都是一个整体,植株上任何器官的消长,都会影响到其他器官的消长。因此,摘去了一片叶子或一朵花,对整个植株的关系,并不是单纯地少了一片叶子或一朵花而已,同时也影响到没有摘除的叶、花和其他器官的生长和发育。进行植株调整具有以下作用:平衡营养器官和生殖器官的生长;提高产量,改善品质;有利于通风透光,提高光能的利用率;减少病虫和机械的损伤等。

二、植株调整的方式

植株调整是一项细致的管理工作,包括整枝、打杈、摘心、摘叶、束叶、疏花、疏果、压蔓、支架等。

1. 整枝、摘心、打杈　番茄、茄子和瓜类等蔬菜,如放任其自然生长,则枝蔓繁生,结果不良。为了控制它们生长,促进果实的发育,必须使每一植株形成最适的果枝数,称为整枝;摘除无用的腋芽叫打杈;摘除顶芽叫摘心(打顶)。进行摘心和打杈以后,调整了植株同化器官与结实器官的比例,提高单位叶面积的光合作用效率。因此可以缩小营养面积,增加单位面积株数提高产量。

2. 摘叶、束叶　在植物体上不同成熟度叶子(即叶龄)的光合强度不同。刚开展的叶子,不

仅能积累同化作用的产物,而且还得借助于植株其他部分的贮藏物质来生长。生长在植株下部各层的老叶,其同化作用微弱,以致同化物质的制造,少于其本身呼吸作用的消耗,因此,这些叶子在自然情况下逐渐地衰老。在栽培上,作物生长后期将下部的老叶子摘去一部分,可以便利植株下部空气流通,减少病虫害的蔓延,且掐去的老叶光合作用强度很低,对同化产物的积累影响很少。束叶适用于花椰菜和大白菜等。花椰菜束叶可以保护花球洁白柔嫩,大白菜束叶可以防寒,促进叶球软化,并可使植株间通风透光良好。

3. 疏花疏果与保花保果　番茄、西瓜等蔬菜作物,去掉部分畸形、有病的果实,可促进留存的果实正常肥大;同时生产上应通过肥水管理等措施,进行保花、保果,增加结果数。疏花和疏果对植物的影响是不同的,而且摘去一朵花和摘去一个果的意义也是不同的。例如许多茄果类、豆类及瓜类,如能做到及时采摘食用期的果实,可以延长植株的营养生长期,并延长果实的采收期和增加产量。倘若不及时采收,让其留在植株上老熟,由于消耗了植株的大量营养物质,反而会使新枝的发生和后期果实的发育受到影响,产量就会降低。

4. 压蔓、支架　蔓性蔬菜如南瓜、冬瓜等爬地生长,经压蔓后,可使植株排列整齐,受光良好,管理方便,促进果实发育,改进品质,同时可促进发生不定根,有防风和增加营养吸收的能力。

黄瓜、番茄和菜豆等蔬菜则需要立支架,使它们向上生长。冬瓜、南瓜以及山药等也可以利用支架栽培。支架的优点是可以大大增加叶面积指数(LAI),更好地利用阳光并使通风良好,减少病虫害,增加密度,促使结果良好。

三、生长调节剂的合理应用

在生产上大量应用的激素,不是植物体中存在的天然激素,而是人工合成的化合物。植物生长调节剂在作物生产上的应用多种多样,如促进扦插生根,打破休眠,促进抽薹开花,抑制徒长,培育壮苗,抑制器官脱落,防止在贮藏期中的抽芽,促进果实成熟,及控制瓜类蔬菜的性别,提早开放雌花,增加产量等。此外,在贮藏保鲜及作除草剂方面也有很多的应用。现在分别叙述于下。

1. 促进扦插生根　促进扦插生根,是生长素在生产上应用最早的一个方法。但早期的应用,多限于木本观赏植物及森林树木,其后也应用到草本花卉上,在蔬菜栽培上很少应用。但对于甘蓝、大白菜等,可利用叶芽扦插繁殖,作为保持良种株系及增加繁殖系数之用。

2. 抑制抽芽,打破休眠　利用萘乙酸甲酯(MENA)来抑制马铃薯在贮藏期中的发芽,也是生长素在生产上应用最成功的事例之一。数以百万吨计的马铃薯,可以利用这个方法来保存。一般用量是每 1×10^4 kg 马铃薯用 MENA200～350 g。

3. 促进发芽　促进发芽方面,国内应用较多的是用赤霉素(GA)。当年采收的马铃薯作为秋播的种薯时,有一个休眠期,如用 GA 处理,可有效地打破休眠提早发芽,从而延长秋薯的生长期,增加留块的产量。一般马铃薯切块浸在 0.5～1mg/L GA 溶液中 10～20min,或将整薯浸泡在 10～20mg/L GA 溶液中,可打破休眠,提早发芽。

4. 抑制徒长,培育壮苗　应用生长延缓剂可防止果菜类的徒长,以及由于徒长所引起的不结实现象,是近年生长调节剂的一大应用。抑制剂中应用较多的是矮壮素(CCC)及其他化合物,如用矮壮素 250～500 mg/L 土壤浇施徒长的番茄,每株 100～200 mL,处理后 5～6 d 茎的生长减缓,叶片浓绿而增厚,植株变矮,增加了抗寒、抗旱的能力。其作用可以维持 20～30 d。对于黄瓜、大豆等的

生长也有抑制作用。大豆在多肥密植条件下,应用三碘苯甲酸(TIBA)处理可抑制徒长,增加产量。

B－9(比久)是另一类生长延缓剂,一般使用的浓度比矮壮素高,但矮壮素以土壤施用效果较大,而 B－9 则以叶面喷洒的效果较好。

5. 防止器官脱落　利用生长素类物质也可以防止茄果类、豆类、瓜类及其他蔬菜作物的落花。如应用 2,4－D10～20 mg/L 在番茄开花时蘸花或涂花,或利用对氯苯氧乙酸(PCPA,简称防落素)25 mg/L 对番茄花序喷洒处理,防止番茄落花,增加产量。

6. 控制抽薹开花　对一些二年生蔬菜作物,如胡萝卜、白菜、芹菜等,可在它们未越冬前,用 GA 20～50 mg/L 滴生长点的办法,促使其在未越冬前抽薹开花。

抑制抽薹开花也有不少试验,如用邻氯苯氧丙酸 100 mg/L 喷洒处理,可以延迟甘蓝及芹菜的抽薹,但要在诱导开花的低温期间处理才有效果。用 CCC 及 B－9 的高浓度(4 000～8 000 mg/L)喷洒,可以明显地抑制莴苣的抽薹,但要喷洒多次(2～4 次),才能有效。

7. 促进果实成熟　番茄在“转色期”,用 2 000～4 000 mg/L 乙烯利浸果,浸后立即取出,放置在 20～25 ℃的室温下,可提早 2～3 d 转红。在植株上以同样的浓度在番茄果实未转红时涂果,可提早 4～6 d 红熟。如在果实转色前,在植株上喷洒乙烯利,可以提早红熟 5～6 d,但浓度要低些,以 500～1 000 mg/L 为宜。否则容易引起黄叶及落叶。

8. 控制性别表现　乙烯利不但能促进果实成熟,也能改变瓜类发育过程中性别的表现。低浓度的乙烯利(100～200 mg/L)水溶液,喷在黄瓜、南瓜、瓠瓜等幼苗的叶子上,可以促进雌花的发生,而减少雄花的着生。相反地,喷洒 GA(50～100 mg/L)可以大大增加雄花的数目,减少雌花的数目。但种类及品种间有很大差异,因为雌花增加以后,结实率往往下降,但对雌性系黄瓜,可用 GA 处理促进开雄花,因而成为雌雄同株,给生产杂种一代种子创造有利的条件。

9. 保持产品新鲜状态,延长贮藏期　新鲜的农产品,包括新鲜的水果、蔬菜等,在运输贮藏过程中,容易变质腐烂,应用激动素类物质,可以抑制绿色组织中蛋白质及叶绿素伪降解,因而可以防止绿叶蔬菜的变色与衰老。激素类物质中,应用最多的是苄基腺嘌呤(BA)。10～20 mg/L 的 BA 对于蘸浸处理采收后的芹菜、花椰菜、莴苣等,可以保持新鲜状态,延长运输贮藏时期。

第八节　收获与贮藏

一、植物产品收获与粗加工

(一) 收获时期

收获是植物生产的最后一环,收获工作具有很强的季节性和技术性。收获时期是否适当,直接影响植物的产量和质量,也关系到以后的贮存和加工。不同作物产品收获的标准不同,即使同一作物,产品的用途不同,收获标准也不相同。

1. 收获种子、果实的作物收获期　禾谷类、豆类、花生、油菜、棉花等作物其生理成熟期即为产品成熟期。禾谷作物穗子在植株上部种子成熟期基本一致,可在蜡熟末期到完熟期收获。棉花因棉铃部位不同,成熟不一致,以棉铃开裂后才能收获。油菜收获时以全田 70%～80%植株

黄熟、角果呈黄绿色，分枝上部尚有部分角果为绿色时为收获适期。花生一般以荚果已饱满，中下部叶脱落，上部叶片轻黄，茎秆变黄色时为收获标准。

2. 薯类作物的收获期　甘薯和马铃薯一般以地上部茎叶停止生长，并逐渐变黄，地下部贮藏器官基本停止膨大，干物质达最大时为收获适期。同时还应结合产品用途，气候条件等而定。甘薯在温度较高条件下收获不易安全贮藏，春马铃薯在高温时收获，芽眼易老化，低于临界温度收获也会降低品质和贮藏性。

3. 以茎叶为产品的收获期　甘蔗、烟草、麻类等作物的产品为营养器官，其收获期以工艺成熟为收获适期。甘蔗在蔗糖含量最高、还原糖含量最低、蔗汁最纯、品质最优时收获为好，同时结合糖厂开榨时间、品种特性分期砍收。烟叶成熟顺序由下而上逐渐成熟，凡叶片由深绿变为黄绿，厚叶起黄斑，叶面茸毛脱落，有光泽，茎叶角度加大，叶尖下垂，主脉乳白、发亮变脆即为工艺成熟标志。麻类作物以茎中部叶片变黄，下部叶脱落，纤维量高，品质好，易于剥制时为工艺成熟期，也是收获适期。

4. 果品、蔬菜的收获期　果品、蔬菜采收适期首先取决于产品的成熟度和生长日期，其次还应考虑到供应时间及贮藏、运输、加工等不同的要求。蔬菜的生长日期并不是固定不变的，它随品种、气候和栽培管理状况而不同，因此，生长日期只可作为确定采收期的参考数据。对绝大多数蔬菜来说，主要应根据各种蔬菜的食用特性、产品的形状、大小、色、香、味以及不同用途加以确定采收期。

(二) 收获方法

1. 割收法　禾谷类作物用此法收获，用镰刀和割禾器或用摇臂收割机收，或用联合收割机一次收割或分段收。

2. 摘取法　棉花等作物应用此法，摘取其籽棉。棉花收获可用人工摘花法或机械收花法。人工收花是在棉铃吐絮后用双手采摘，机械收花则较复杂，要求一定的株行距，棉株生长一致，植株高度适宜，收获前须喷落叶剂，然后用机械收获。

3. 掘取法　此法用于地下根茎类作物。我国常用的方法是，先将作物地上部分用镰刀割去，然后用工具刨掘，在大面积栽培时则用犁翻出块茎或块根。采用薯类挖掘器进行机械收获，效果良好。

(三) 收获物的粗加工

作物产品收获后，根据其用途进行及时处理，可分为以下几种情况：

1. 子粒干燥　禾谷类粮食、油料等作物种子脱粒后，必须立即晒干或烘干扬净，否则容易霉变发芽，发生病虫害，降低食用或种用价值。棉花必须分级、分晒、分轧，以提高产品质量，增加经济收益。一般谷类粮食干状态的含水质量分数为 12%～14%，油料种子含水质量分数为 8%～9%，鲜薯含水质量分数为 65%～80%。

2. 薯类作物　目前薯类作物生产以食用为主，民食习惯主要是鲜薯。薯块在收、运、贮过程中容易损伤，或感染病菌，或受冷害等，造成贮藏期大量腐烂。因此，做好鲜薯贮藏，可延长鲜薯食用时间和种用价值。贮藏的方法各地不一，一般安全贮藏应注意以下几点：

(1) 收获期适时，在收、运、贮过程中避免损伤。

(2) 贮藏前严格选择，剔除病、虫、伤薯块和异品种，及时入窖。

(3) 贮藏期间保证要求的环境条件，甘薯贮藏的适宜温度为 10～14 ℃，不低于 9 ℃，相对湿

度为 80%～90%；马铃薯夏藏 1～5 ℃，冬藏 0～1 ℃，相对湿度为 85%～93%。注意防止干、湿、热、冻为害。

(4) 加强贮藏期间管理，在贮藏初、中、后期，由于作物生理变化，要求的温湿度不同，外界温、湿度的变化，也影响窖内温、湿度。因此，必须经常检查、调节，才能保证安全贮藏。

3. 麻、烟的粗加工　麻、烟等经济作物产品，必须经过初步加工调制才能出售。麻类收获后应进行剥制和脱胶等初步加工，才能作为纺织工业原料。脱胶的方法有生物脱胶、化学脱胶和机械脱胶三种。苎麻在剥皮和剥制后，还要进行化学脱胶；红麻、黄麻、大麻等茎秆粗大、皮层发达、木质素较多，普遍采用生物法脱胶，即将麻茎浸渍水中，利用微生物分泌的果胶分解酶使果胶等物质发酵分解，从麻茎或麻皮中分离出纤维。当纤维束和薄壁细胞间的果胶已经分解，而纤维束内各纤维细胞间果胶尚未分解时，即为发酵适度，此时手触麻皮有滑润柔嫩感，应及时捞洗晒干，整理分级，即可交售。

烟草因晒烟、烤烟等种类不同，其初制方法也不一样。晒烟是利用日光、温度、湿度使鲜叶干燥，定色，有的还要经过发酵调制，其产品部分直接供吸用，部分为雪茄烟、混合型卷烟的原料。烤烟是利用特制烤房火管的间接热力，通过适宜的温度和湿度使烟叶干燥，并使叶片内含物转化分解，达到优良品质的标准，烤烟是制作香烟的原料。

4. 蔬菜采后处理技术　在田间采收的蔬菜产品是原始的粗产品，往往不符合市场要求的商品规格，必须进行修整，有些蔬菜还应清洗才能上市。修整主要是指除去叶菜的黄叶、病叶、烂叶以至非食用性叶片，剔除果菜的病果、烂果以至其他非商品性果实，选除根菜、茎菜类的各种不符合市场需要的块根、块茎等，使蔬菜商品质量得到提高，整齐美观，食用方便，减少运输的投入，减轻城市的蔬菜废弃物污染。蔬菜产品用水清洗，可以去污、除虫，减少农药残留，使蔬菜产品符合商品要求及卫生标准。

二、产品贮藏

(一) 粮食作物

作物子粒的含水量多少与安全贮藏关系密切，由于粮食水分不同，其吸湿、传热、透气等性能也随之变化。贮藏期间发热、霉变、生虫、结块等的发生都决定于水分的影响。所以控制粮食水分含量是安全贮藏的关键。

(二) 果品蔬菜

果品蔬菜的贮藏方法很多，通常分为自然降温和人工降温两种方式。前者包括堆藏、沟藏、窖藏、冻藏等简易贮藏方法和通风库贮藏，是我国目前普遍应用的贮藏方法。后者包括冰窖贮藏、机械冷藏和气调贮藏等。

第九节　植物设施栽培

植物保护地栽培设施类型较多，按照由小到大、由简易到复杂的形式，可分为简易覆盖（包括粪草覆盖、沙石覆盖及稻草覆盖）、地膜覆盖、近地面覆盖、遮荫覆盖、遮阳网覆盖、风障畦、阳畦、

酿热温床、电热温床、小、中、大拱棚、土温室、日光温室、连栋温室等。但生产上常用的有以下几种。

一、地膜覆盖

塑料薄膜地面覆盖栽培,简称地膜覆盖栽培,是用很薄(0.004～0.02 mm)的塑料薄膜紧贴地面进行的覆盖栽培。它是世界现代农业生产中最简单有效的增产措施之一。地膜覆盖具有协调土壤温度,保持土壤水分、改善土壤物理性状、增加土壤养分、减轻土壤盐渍化等多种作用,因此,有缩短作物苗期,促进生长发育,提早开花结果,增加产量等效果。

二、遮阳网覆盖

遮阳网,俗称凉爽纱。国产品种大多是以聚烯烃树脂为原料,经加工拉丝后编织而成的一种网状新型农用塑料覆盖材料。它具有重量轻,强度高,耐老化的优点;同时又具有良好的透气性和遮阳、降温、防雨、防虫效果。近几年,这种新型覆盖材料应用于夏季蔬菜生产和育苗上,取得了极为明显的效果。

三、阳畦与温床

(一) 阳畦

阳畦又名冷床,它是利用太阳的光热,保持畦内的温度,没有人工加温设施,有别于温床,故名冷床。阳畦是由风障、畦框、塑料薄膜及不透明覆盖物如草苫、苇毛苫等组成,畦向均采用东西向,坐北朝南。我国北方地区在晴天多、最低气温在－20 ℃以内的地区和季节,阳畦内的温度可比露地高12～20 ℃,尚能维护鲜菜越冬,或种植一些耐寒性强的植物。

(二) 温床

温床是有加温设施的冷床。根据加温设施不同,分为电热温床、酿热温床、水热温床、风热温床等。目前我国生产上广泛应用的是电热温床。

利用特制的电热线为冷床加温,可制成电热温床。电热温床采用控温仪自动控制温度,床温升高快,温度分布均匀且稳定。播种后出苗快而整齐,幼苗生长快,苗龄明显比阳畦育苗短。

电加温的主要设备为电热线、控温仪。电热加温时的功率密度,取决于当地气候、育苗季节和植物种类,如华北地区冬季小棚和阳畦内育苗时选定的功率为90～120 W/m²,温室内为70～90 W/m²;春季分别为80～100 W/m²,50～70 W/m²。育苗时电热线埋没深度10 cm左右。营养土块育苗时,电热线埋设在土块下1～2 cm处。

四、塑料拱棚

塑料拱棚是指由竹木、钢铁件、塑料管等做支撑骨架,塑料薄膜作覆盖物,形状为拱圆或近拱圆形的一类保护设施。按棚高度和宽度可分为大、中、小型塑料拱棚,简称大棚、中棚、小棚。在

北方，塑料大棚主要用于春季早熟栽培和秋季延迟栽培。

(一) 塑料大棚的类型与结构

1. 按棚面形状可分为拱圆型和屋脊型两类，生产上以拱圆型大棚为主，屋脊型一般用于连栋大棚。

2. 按棚体结构可分为单栋和连栋大棚。单栋大棚，每栋大棚都独立成型，棚与棚之间间隔一定距离，一棚一栋。连栋大棚是由两栋或两栋以上的单栋大棚连接而成，棚内热容量大，保温效果好，但通风降温困难。连栋大棚建造一次性投资较大，棚膜固定困难，通风、排湿条件差。目前我国连栋大棚建造较少，以单栋大棚为主。

3. 单栋大棚按棚内有无立柱又可分为有立柱和无立柱两种。有无立柱主要取决于建筑材料的承受力大小，无立柱大棚多是用钢材或水泥预制件组装而成。有立柱大棚多为竹木结构或竹木水泥预制件混合棚。

4. 按棚架材料分为竹木结构大棚、竹木水泥预制件混合结构大棚、装配式钢管大棚、菱镁拱架结构大棚、玻璃钢拱架结构大棚等。

(1) 竹木结构大棚 建筑材料为杨柳木、硬杂木、粗细竹竿、竹片等。立柱起支撑拱杆和固定作用，一栋宽 12～14 m 的大棚需立柱 6～8 排，最外边的两排立柱要倾斜 60～70°，立柱纵向每隔 1～3 m 立 1 根。拉杆起固定立柱、连结棚架的作用。在立柱下 20 cm 处将立柱相互连接。拱杆起固定棚形的作用，由大棚顶部向两侧呈弧形延伸，离地面 1～1.2 m 处收缩成半立状。拱杆间距 1～1.2 m。大棚设 3～4 道通风口，薄膜用压膜杆、压膜线或 8 号铁丝压紧。竹木大棚的取材容易，投资少，建造方便，是我省目前的主要棚体结构之一。缺点是竹木易腐烂，立柱多，坚固耐用性差，使用年限较短。

(2) 竹木水泥预制件混合结构大棚 与竹木结构大棚类似，但立柱改用承重力强的水泥预制件。立柱横断面为 10 cm×10 cm，内有直径 6 mm 的钢筋 4 根，顶端圆弧形或 Y 形缺口，以便于架设拱杆。该结构大棚棚体坚固性、抗风雪能力、耐用性等都优于竹木结构大棚，但造价较竹木结构大棚高。

(3) 钢结构架大棚 大棚跨度 8～12 m，高 2.6～3 m，长 30～60 m。拱架为用钢筋、钢管等焊接而成，采用平面拱形桁架结构，上下弦为弧形，上弦用直径 16 mm 钢筋或 6 分管，下弦用 12 mm钢筋，拉花用 9～12 mm 钢筋，两弦相距 30 cm 左右。拱架两侧固定在水泥墩上，棚内无立柱，其他与竹木结构相似。该结构大棚无中柱，室内宽敞，透光性好，作业方便，坚固耐用，可多层覆盖。但造价较高。

(4) 装配式钢管结构大棚 以薄壁镀锌钢管为主要骨架材料，骨架定型标准件生产，规格统一，易于建造安装。一般跨度 6～12 m，长 30～50 m，高 2.5～3 m。大棚的拱杆、拉杆为薄壁镀锌钢管，规格为 21～22 mm×1.2 mm，内外壁有 0.1～0.2 mm 的镀锌层。拱间距 0.5～0.6 m，纵向用 4～6 排拉杆与拱杆固定在一起。用特制的卡销固定拉杆和拱杆，棚体两端各设一门。薄膜用特制的卡膜槽、弹簧钢丝固定。钢管大棚外型美观，骨架坚固耐用。棚内空间大，无立柱，便于作业管理，但造价偏高。

(5) 菱镁拱架结构 大棚骨架由菱镁材料预制而成。菱镁是一种建筑材料，优点是质量轻、热阻值大，价格偏低;缺点是吸湿性强，大棚内空气湿度大，吸湿性过强的材料不适宜建造大棚拱架等骨架，必须先经过改性后利用。

⑹ 玻璃钢拱架结构 大棚骨架全部由玻璃钢材料建造。玻璃钢质量轻，易于运输安装，强度大，可塑性强，易造型，价格也较钢架大棚低，可适度发展。

㈡ 塑料大棚的建造

1. 竹木结构大棚的建造

⑴ 埋立柱 跨度 10～14 m 的大棚，设立柱 6～8 排，分中柱、腰柱、边柱三种。建棚地点先平整土地，按规划设计放线，划出各排立柱的基点。然后挖坑埋立柱。立柱的长度应比棚内各部位的实际高度多 30～40 cm，以备埋入土中。立柱上端锯成豁口，以便固定拱杆，豁口下方钻眼，以便穿铁丝固定拱杆。立柱下端呈十字形，入土部分可涂沥青防腐烂。立柱随埋随调整，使同一纵线上的立柱顶端高度一致，立柱纵横成行，最后踩实。

⑵ 上拱杆 拱杆用直径 3～4 cm 的竹竿或木杆压成弧形。先将竹竿的粗头埋入土中30 cm 左右，使拱杆横在中柱、侧柱、边柱上端的豁口中，用铁丝穿过豁口下的小孔，固定在每根立柱顶端的缺口中。

⑶ 绑纵向拉杆 拉杆用竹竿或木杆，顺大棚纵向，在每根立柱距顶端 25～30 cm 处用铁丝绑牢。纵杆上 30 cm 的空间是为了不使膜被压后接触到纵杆上，这样可使棚膜压得紧实。

⑷ 盖薄膜 棚膜按棚面大小粘接。跨度小的大棚，可只在顶端留通风口，从顶端为界，将薄膜粘成两块长条。跨度大的大棚，可在顶部和两侧均留通风口。通风一般采取扒缝的方式。在通风口处的薄膜边缘最好粘入一根绳，以便于通风。选择无风天气上膜，由多人从大棚的各个部位往上拉，边拉边整，调整好各个部位，棚周围边缘用土压严。在棚架对接处，用旧薄膜或布条缠好，以防挂破薄膜。

⑸ 上压杆 用细竹竿、8 号铁丝或压膜线压膜。用细竹竿作压杆时，应先用铁丝将竹竿绑成弧形，两端插入膜两侧的土中，中间用铁丝穿过薄膜固定在纵向拉杆上。用 8 号铁丝作压膜线，要先用草绳或旧布条绑住铁丝，防止磨破薄膜，两端固定在地锚上，埋在大棚两侧。现在一般用专用压膜线压膜。

⑹ 按门 在大棚两头一般均垂直封覆薄膜，用细竹竿固定成直立棚头。门在大棚两头各有一个，高 1.8～1.9 m，宽 0.9 m，用木作门框，钉薄膜。还可做成左右推拉门。

2. 竹木水泥预制件混合结构大棚建造 与上述竹木结构大棚建造基本相同，但立柱数量比竹木结构为少，可减少 1/3～2/3，但拱杆不减少，一般采用悬梁吊柱法建棚，即两立柱间每隔 1 m，设一根长 20～30 cm 的短柱，短柱下边固定在纵拉杆上，上端支撑拱杆。短柱可用木棒做，也可采用混凝土制成。

混凝土立柱或小吊柱的做法是 500 号水泥 1 t，砂子 2.4 t，直径 10 mm 河流石 4.7 t，加水适量，倒入模型中进行浇铸。

3. 钢结构架大棚的建造 钢架结构大棚，有的由工厂定型生产，安装方便。若自己加工，应先做出模具，再做桁架。将上弦和下弦弯曲成拱形，再焊中间拉花。拱架焊好后，在建棚地点，焊上纵向拉杆。使大棚成为一体。焊接要结实，否则将影响其坚固性。

4. 装配式钢管结构大棚建造 这种大棚的拱杆、纵向拉杆等主要部件用各种联接卡连接，拆装方便。

棚门由两根门立柱、4 根门横担以及角撑、弹簧卡槽等用螺钉、螺母等组装而成。门轴按于门座上，可自由开关。薄膜用卡膜槽与弹簧钢丝配合进行固定。

五、日光温室

(一) 类型

日光温室又叫冬暖型大棚,其类型有长后坡(宽屋面)、短后坡、无后坡3种。各类型日光温室根据有无立柱(主要指采光屋面),又分为有立柱和无立柱2种。无立柱的有水泥拱梁、菱镁土拱梁和钢架拱梁等。依采光屋面的形式可分为斜面形、拱形2种。依有无外覆盖划分为有覆盖和无覆盖2种。无覆盖的有充气大棚和万通板大棚等。

(二) 结构与性能特点

1. 采光面角度大,透光率提高　日光温室的跨度适中,高度增加,采光面角度大,光线透过率增大,室内温光性能良好。

2. 采用新型覆盖物,湿度降低　采用无滴膜或消雾型无滴膜作为透明覆盖物,不仅避免了因膜面结露所引起的透光率降低,而且棚内空气相对湿度大为下降,作物发病率减少。

3. 以铁丝等代拉杆减少遮荫　一般大棚是用竹制拉杆,而日光温室是用8号铁丝或钢件代替拉杆,减少了其自身的遮光面积,增加透光量;同时,也增加了其牢固性,提高了抗风雪的能力。

4. 采用不等双屋面结构,加大保温比　日光温室采用不等双屋面结构,后屋面采用多层材料覆盖,相对减少了薄膜覆盖面积,大大提高了保温比。通常大棚热量的散失有90%是通过薄膜的表面进行的,以热传导和热辐射的形式散失。

5. 墙体加厚、挖制防寒沟和盖厚草苫,减少热量散失　日光温室主体墙加厚至1 m左右,前沿挖有防寒沟,夜间棚面覆盖较厚的草苫,大大提高了保温性能。

6. 空间加大,热容量增加　日光温室一般要求面积在400～700 m^2,大棚脊高3 m以上,热容量大而相对散热较少。在北纬38°以南地区,室内夜间最低温度可维持在8～10 ℃以上,确保喜温性蔬菜安全越冬。

(三) 规划设计

1. 地点选择　选避风向阳、光线充足的地方建造日光温室,南面及东、西两侧不应有高大的建筑物或树木等遮荫,最好北面有天然防风屏障以挡风。地下水位不宜过浅,土质肥沃疏松,交通便利,水源充足。

2. 方向和排距　温室为东西延长,一般冬季不太冷和晴天多的地区,大棚以东偏北5°为好,可提早揭开草苫,延长上午的见光时间,有利于光合产物的制造;早晨烟雾多,或冬季寒冷的地区,上午揭苫不能太早,揭苫后室内膜上易结冰。升温较慢时,大棚可采用西偏北5°,充分利用下午的日照,有利于夜间保温。在一个地段内有数排大棚组成大棚群时,南北两排大棚相距6 m左右,有条件时可扩大到8 m,以防前排对后排大棚遮荫。两排大棚东西相距为4～6 m,以便通过汽车等运输工具。

3. 规格　一般日光温室的长度以50～80 m、南北跨度以8～9 m为宜,脊高3.3～3.5 m,后墙高2～2.2 m。若长度太短,东西两侧山墙的遮荫面积大,单位造价也高;但若过长,室内温度不易控制,管理和采收等活动也不方便。

4. 建造材料的准备　建造日光温室所用的材料,必须根据所建大棚的结构及规模认真考虑,包括各种材料的数量和用途。

（四）建造与施工

1．墙体的施工　建造墙基时，先用石灰土夯实，再用砖或石料砌墙基。墙基宽 0.9～1.0 m、高 0.4 m，地上、地下各 0.2 m。墙基建好后，在其上用土打墙（或用土坯垒墙），也可做成夹心墙，墙的厚度为 0.8～1.0 m，后墙高 2 m，两侧墙（山墙）顶部应按图纸的要求做成两坡不等状。

2．水泥立柱的埋设　埋设水泥立柱时，一般要求立柱下部埋入土中至少 30～50 cm，下部设柱脚石，以防浇水时下陷。一般后立柱离后墙内侧 1 m 距离，东西间距 1.8 m，埋设深度 50 cm。离后立柱向南 3.0 m，东西间距 3.6 m 埋中立柱。离中立柱向南 3 m，东西间距 3.6 m 埋前立柱。

3．后坡施工　先取小径粗 8 cm 以上的毛竹，以竹竿的小径端同另一根的粗径端插连在一起，东西向横放在后立柱上作拉杆，用 8 号铁丝将竹竿牢牢地绑扎在立柱上。然后，取长度 2.2 m左右、直径不低于 10 cm 的木质斜梁，间隔 1.8 m 搭在后立柱的横竹竿（拉杆）与后墙上，在距斜梁顶端 15 cm 处及中部，各打上一个高 10 cm、宽 8 cm、长 20 cm 的木楔，横放两趟小径粗 8 cm 以上的竹竿做檩。在檩间钉木椽或拉两行 8 号铁丝进一步加固，而后在屋架上紧密摆放绑好的、直径约 20 cm 的玉米秸或高粱秸，其上再放麦秸等比较细软的材料。这两层隔热材料铺好后，上面要压大约 10 cm 厚的潮土并踩实，然后用草泥（麦秸泥）抹顶厚度约 4～5 cm。当屋顶干后，在屋顶上相当中檩的位置，固定一条供绑草苫用的 8 号铁丝。

4．采光屋面（前屋面）的施工

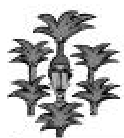
（1）拱形结构　首先在埋好的立柱顶端东西向固定小径粗 8 cm 左右的竹竿做拉杆，然后把做拱杆的细毛竹的根端固定在后坡的前檩上，顺次向下分别固定在后立杆、中立柱、前立柱顶端的拉杆上，使拱杆呈拱形。拱杆的间距一般 60～80 cm。

（2）平面式结构　平面式采光屋面的施工应在架设好立柱后，按开间固定加强桁架，按 40 cm间距东西向拉放 8 号铁丝。铁丝两端固定紧实后，为了防止滑动，还要用 16 号细铁丝将其与加强桁架绑紧。此后在拉好的铁丝上面，按 70 cm 间距绑直径为 2.5 cm 的细竹竿，细竹竿的长度应与坡面相齐。

日光温室的采光面，可盖一幅整膜，使膜的顶端与后坡重叠 50 cm左右，进行半固定，通风时即从顶端扒缝。膜的下端埋入土中，东西两端固定在两侧山墙上。采光屋面也可扣 2～3 块膜。第一块（上部）膜宽约 2 m，将膜上端固定于后屋顶上，下端游离使之与第二块薄膜重叠（宽度为 20～30 cm），膜的东西两侧固定在山墙外侧。第二块（下部）膜宽约 4 m，在扣膜之前，首先沿两边缘各热合一条细绳，然后使上沿与第一块膜游离部分相重叠。抻紧、抻平后再固定山墙外侧。第 3 块膜上端热合一条细绳后在第 2 块膜的下面重叠 30 cm，下端开沟压土固定，东、西侧在山墙外侧固定。最后固定压膜线压紧塑料薄膜。

5．棚外防寒设施　草苫和纸被是防寒的关键设备，草苫最好用稻草，一般宽 1.2～1.5 m，长为采光屋面之长再加 1.5～2 m，厚在 5 cm 以上。为便于草苫拉施，可安装卷帘机械。通常 50 cm长的日光温室，采用 2 kW 电动机即可。

防寒沟设在温室南侧，挖一条宽约 50 cm，深度不小于冻土层深度的深沟，在沟中填充马粪、稻壳、麦糠或豆叶等，踩实后再盖土封严，盖土厚 15 cm 以上。如果盖土不严或土层过薄均会影响防寒效果。



思 考 题

1 农田培肥的原则有哪些？有哪些主要的培肥方法？

2 为什么有些植物应进行育苗移栽？生产上常用的育苗方法有哪些？

3 植物有哪些播种方式和方法？影响植物播种期的主要因素是什么？

4 生产上常用的肥料种类有哪些？各有什么特点？

5 为什么要发展节水农业？发展节水农业应采取哪些具体措施？

6 植物病虫草害防治的基本方法有哪些？

7 植株调整的基本原理是什么？调整的目的何在？

8 植物保护栽培设施有哪些？其性能特点是什么？



植物生产与种植制度

一个国家或地区所有植物的生产即种植业,是一个有机整体,它由单个植物的生产或几大类型植物的生产组成。整体不是个体和局部的简单累加,种植业生产具有独特的区域特征、时间特征、技术特征和功能效益特征。全面组织植物生产或种植业生产的技术体系就是种植制度。

第一节　种植制度与植物生产

一、种植制度及其意义

(一) 耕作制度的主要组成部分

土地是植物生产最基本的资源。人们进行植物生产,对土地采取的措施可归纳为两个方面,一是合理利用土地安排作物的种植技术体系,既种植制度;二是如何对土地进行科学的维护和培养,即养地制度。二者的有机结合既耕作制度(Farming System)。耕作制度也称农作制度,是指一个地区或生产单位的农作物种植制度以及与之相适应的养地制度的综合技术体系,它包括种植制度与养地制度两部分,以种植制度为中心,养地制度为基础。

种植制度(Cropping System)是指一个地区或生产单位的作物组成、配置、熟制和种植方式的总称。它包括确定种什么植物,各种多少,种在哪里,即植物生产布局问题;一年内在耕地上种一茬还是种几茬,还是哪一个生长季节或全年不种,即复种休闲问题。种植作物时,采用什么样的种植方式,即单作、间作、混作、套作或移栽,即种植方式问题;不同生长季节或不同年份作物的种植顺序如何安排,即轮作和连作问题。

种植制度是耕作制度的核心,它决定了养地制度的类型,对耕作制度的功能和作用具有决定性影响。

(二) 种植制度的功能和意义

种植制度是全面组织种植业生产的制度，其功能具体表现在两个方面：

1. 技术功能　与研究某一植物的具体栽培技术不同，种植制度侧重于全面持续增产稳产高效技术体系与环节。它涉及作物与气候、植物与土壤、植物与植物、作物生产与资源投入等方面的组合技术，包括植物的因地制宜合理布局技术、复种技术、间套作立体种植技术、轮作连作技术等等。与单项技术不同，耕作制度技术体系往往带有较强的综合性、地区性、多目标性，因而它在生产上所起的作用更大。

2. 宏观布局功能　即对一个单位土地资源利用与种植业生产进行全面安排。根据当地自然和社会经济条件，做出土地利用布局、作物结构与配置、熟制布局、养地对策以及种植制度分区布局的优化方案。宏观布局功能有主要的意义：

(1) 有利于妥善处理各类方面，减少片面性。农业上存在种种矛盾如粮棉油的关系、灌溉与旱作关系、农林关系、农牧关系、供求关系、高中低产田的关系、一熟与两熟、三熟间的关系、用地与养地关系、多耕与少耕关系、资源利用与保护关系等等。处理不当，就会相互影响，轻则减产减收，重则影响农业与国民经济发展全局。

(2) 有利于协调利用各种资源和投入，包括自然资源以及劳力、资金、固定资产以及物资、资金、科技等方面的投入。处理得当则协调发展，处理不当有的白白浪费，有的则成为增产增收的限制因素。

(3) 有利于统筹安排国家、地方、集体与农民之间的利益，调整城乡关系和工农关系，促进农业与国民经济协调发展。

种植制度是以提高土地利用率、增加农民收入、促进农业全面持续发展为目标的农作物生产整体布局及其相适应的技术体系，合理的种植制度能实现种植业生产的全面高产高效、持续高产高效、整体与局部的协调发展。它对农业的综合发展战略、区域开发、资源利用与保护等方面均具有重要意义。

种植制度的内容和功能见图 5－1。

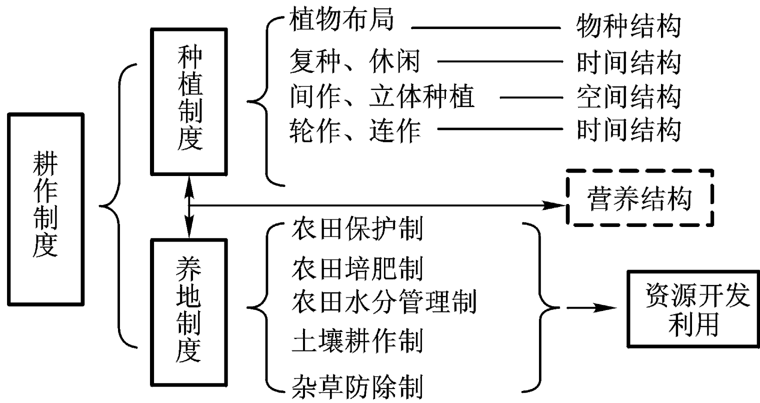


图 5－1　种植制度及其功能

二、种植制度类型

种植制度是在一定的自然资源、社会经济条件和植物科学技术条件下形成的。不同的资源条件、不同的社会发展阶段和不同的科技水平，具有不同的种植制度。

（一）按集约度划分

1．游耕制或撂荒制　指人少地多，刀耕火种，几乎无投入的自然农业。土地利用率低于50%，生产效益低。目前仍盛行于非洲、东南亚等。我国边远山区有少部分地区存在。1 hm^2 耕地只养活0.2个人。

2．休闲耕作制　土地种植1～3年，休闲1～2年。土地利用率20%～50%，人工投入少。在西欧中世纪盛行。目前美国中西部、俄罗斯干旱地区、加拿大、澳大利亚仍广泛应用。我国的西北部某些地区应用。

3．常年种植制　土地连年种植，利用率100%。作物实行轮作或连作，有较多的人工投入。目前广泛应用于世界各地。

4．集约种植制　广泛运用多熟制，土地利用率100%～300%。人工投入多，科技水平高，单产高，植物生产的商品特色明显。主要运用于西欧、美国、中国东部、日本等。

（二）按种植业方向划分

1．主粮型　种植业生产以粮食为主。主要分布在粮食生产压力大，自给自足的地区，或土壤适合粮食作物、具有粮食生产比较优势的地区。

2．粮经型　除粮食外，经济作物较多，种植业结构为典型的粮经结构。

3．农牧型　以植物产品及其副产品为饲料来源的畜牧业比重较大。生产畜牧业所需的饲料是植物生产的重要目的之一。主要分布在社会经济比较发达，人均占有粮食较多的地区（年人均占有粮食400 kg以上）。

4．菜农型　植物生产中蔬菜占有较大比重。适合城市郊区或具有蔬菜生产优势的特殊地区。粮食靠市场供应。人工投入高，植物生产商品率高，经济效益好。

5．果农型　以种植果树为主。适合丘陵山区。需要一定运输贮藏加工条件。商品率高。

6．混合型　兼有上述类型的特点。

（三）按水旱划分

1．水田型　以种植水稻为主，主要分布年降雨量在1 000 mm以上或有灌溉条件的地区。

2．水浇地型　适合干旱到湿润地区。投入高，产出多，效益好，农业现代化程度高。

3．雨养型　无人工灌溉，靠降雨种植作物。投入少，生产不稳定，农业现代化程度低。

（四）按熟制划分

1．一年一熟制　在一块耕地上一年内只种植或收获一种作物，便于管理，或粗放耕作，或集约种植。是当前世界的主要种植制度。

2．一年多熟制　一年内在同一块耕地上种植或收获两种以上的作物，种植集约化。主要分布在人少地多、资源适合发展多熟的地区。

（五）按对环境的调控程度划分

1．露天种植　完全在自然环境即露天条件下安排植物生产，植物生产的季节性鲜明，是目前主要种植制度类型。

2．设施种植　在人为创造的环境，或与自然条件相比环境有较大改变的条件下，进行的植物生产。种植的植物种类、种植方式主要依靠人的需要和作物特点进行选择。主要用在经济价值较高的植物生产上。

3．简易设施种植或半设施种植　介于露天种植和设施种植之间的种植制度类型。

三、中国种植制度特点

(一) 作物组成是以粮食作物为主的粮经结构,饲料和其他作物比重小

在农作物(不包括果树、花卉)总播种面积中,粮食作物占73%～87.9%,经济作物占6.3%～22.1%,其他作物占比重较小。

表5－1　1952—1998年种植业结构变化情况表　　%

年份	1952	1965	1978	1980	1990	1998
粮食作物	87.8	83.5	80.4	80.1	76.5	73.0
经济作物	8.8	8.5	9.6	10.9	14.4	13.7
其他作物	3.4	8.0	10.0	9.0	9.1	13.3

(二) 土地利用率高

土地垦殖率高,宜农荒地少。耕地复种指数高。全国耕地复种指数由建国初的130.9%,提高到目前的160%,仅次于埃及、韩国,是世界上复种指数最大的国家。

(三) 多样化

各地自然资源和社会资源极其复杂,差异大,种植制度千差万别,多种多样。

(四) 重视对土地的保养

我国农业历史悠久,历来珍惜土地,重视对土地的保护、管理和投入,尤其是重视有机肥的投入,这是我国耕地地力常新壮的主要原因。

第二节　植物生产布局与调整

一、植物生产布局的重要性

(一) 植物生产布局的含义

植物生产布局亦称作物布局(Crop composition and distribution),指一个地区或生产单位栽培植物的种类、面积和与配置的总称,即种植结构和配置问题。种植结构包括作物种类、品种、面积和比例等。配置是指作物在农田上的分布,布局所要解决的问题是种什么作物、种多少和种在哪里的问题。

国家、省、地(市)的植物生产布局是大范围的区域性布局,即地区布局或地理布局,这种布局的范围大、时间长、战略性突出。植物生产布局应尽可能使作物与环境相统一,以便充分发挥地区优势。

生产单位较小的作物布局,范围小、时间短、作物具体,属单位型植物生产布局或微观作物布局,这种布局直接影响生产单位的切身利益,应尽可能把需求与作物种植面积统一起来,以便更

好的完成生产任务。

(二) 植物生产布局在农业生产中的意义

由于布局是一个地区或生产单位的种植计划或规划,是一项综合性强、涉及面广、对农业生产全局影响大的生产技术设计,因而在农业生产上占据十分重要的地位。

1. 布局是农业生产布局的中心环节　农业生产布局是指农、林、牧、副、渔各部门生产的结构和地域上的分布,作物布局必须在整体的农业生产布局的指导下进行。另外,作物布局是农业生产的中心环节,我国种植业在农业生产中占有重大比例,因此作物布局关系到增产增收、资源合理利用、农村建设、农林牧结合、多种经营、环境保护等农业发展的战略部署。

2. 布局是农业区划的主要依据和组成　综合农业区划必须以各种单项区划和专业区划为基础,农作物种植区划则是各种单项区划与专业区划的主体,而它又是以作物布局为前提。作物布局还是制定农业发展规划、土地利用规划、农业基本建设规划等各种农业规划的依据。

3. 布局是种植业较佳方案的体现　一个合理的作物布局方案应该综合气候、土壤等自然环境因素,以及各种社会因素,统筹兼顾,以满足个人和社会的需要,充分合理利用土地与其他自然与社会资源,以最少的投入,获得最大的经济、社会与生态效益。

二、制定植物生产布局的方法与步骤

(一) 明确对产品的需要

包括自给性与商品性需要两大部分。要了解市场价格、对外贸易、交通、加工、贮藏以及农村政策等方面的内容。

(二) 调查环境条件

包括自然条件和社会经济及科学技术条件,主要有:

(1) 热量条件　包括≥0 ℃积温,≥10 ℃积温,年平均温度,最冷月平均温度,最热月平均温度,冬季最低温度,无霜期。

(2) 水分条件　包括年降水量与变率,各月降水量,干燥度,空气相对湿度,地表径流量,地下水储量,地下水位深度,水源、水质。

(3) 光照条件　包括全年与各月辐射量,年日照时数。

(4) 地貌　包括海拔高度,大地形 (山、丘陵、河谷、盆地、平面、高原) ,小地形 (平地、洼地、岗坡地) ,坡度,坡向。

(5) 土地条件　包括总面积,土地利用状况 (农田、林地、草地、荒地等) ,耕地面积,水田、水浇地与旱地面积,人地比。

(6) 土壤条件　包括土壤类型,土层厚度,平坦度,质地,土壤 pH、盐分含量、土壤有机质含量,氮磷钾养分含量,土壤水分状况,土地整理与水土流失状况。

(7) 肥料条件　包括肥料种类,数量,亩施肥水平,养分平衡。

(8) 能源条件　包括燃油,电,煤,生物能源。

(9) 机械　包括拖拉机,排灌机具等。

(10) 植被　包括乔木、灌木、草。

(11) 作物种类　包括面积、产量、生产力、品种、栽培技术。

⑿ 现有种植制度,人口劳力。

⒀ 畜牧业种类、数量。

⒁ 灾害如旱、涝、霜冻、高温、病、虫等。

⒂ 产值收入,每人每年纯收入,农林牧副渔各业产值与收入,粮食与多种经营收入。

⒃ 市场　国家收购,自由市场,外贸市场,地理位置,交通。

⒄ 价格　各种农产品收购价格与市场价格,各种生产资料价格。

⒅ 政策　包括收购政策,奖励政策,商品流通政策,外贸政策等。

⒆ 科技水平、劳动者素质、文化水平等。

(三) 植物生态适应性的确定

研究作物生态适应性的方法有:作物生物学特性与环境因素的平行分析法,地理播种法,地区间产量与产量变异系数比较法,产量、生长发育与生态因子的相关分析,生产力分析法,以产品质量为主的主因素分析等。通过研究,区分出各种作物生态适应性的程度。

(四) 种植适宜区的确定

在确定植物生态适应性的基础上,可以划分作物的生态区,结合社会经济和科学技术条件可以进行作物种植适宜区的划分。

一般划分为四级:① 最适宜区。光热水土以及水利、劳力等条件都很适宜,作物稳产高产、品质好、投资省而经济效益高。② 适宜区。作物生态条件存在少量缺陷,但人为地采取某些技术措施(如灌溉、排水、改土、施肥)后容易弥补,作物生长与质量和产量较好,产量变异系数小。投资有所增大,经济效益仍较好,但略低于最适宜区。③ 次适宜区。作物生态条件有较大缺陷,产量不够稳定,但通过人为措施可以弥补(如盐碱地植棉)或者投资较大,质量较差,产量较低,但综合经济效益仍是有利的。④ 不适宜区。自然条件中有很多缺陷,技术措施难于改造,投资消费巨大,技术复杂。虽勉强可种,但产量、经济上或生态上得不偿失。

(五) 植物生产基地和商品基地的确定

选定了适宜区和适生地,再结合历史生产状况和远景生产任务,大体上可以选出某种作物的集中产地,进一步选择商品生产基地。商品生产基地的条件是:有较大的生产规模,土地集中连片;生产技术条件较好,生态经济分区上属最适宜区或适宜区;生产水平较高;资源条件好,有较大发展潜力,包括目前经济落后,但发展有潜力的地区;作物产品的商品率较高。

(六) 作物组成的确定

在单一的各个作物适宜区与适生地选择的基础上,确定各种作物间的比例数量关系。包括:① 种植业在农业中的比重;② 粮食作物与经济作物、饲料作物的比例;③ 春夏收作物与秋收作物的比例;④ 主导作物和辅助作物的比例;⑤ 用地与养地作物的比例。

(七) 综合划分作物种植区划或配置

在确定作物结构(同时考虑到复种、轮作和种植方式)后,进一步要把它配置到各种类型土地上去,即拟定种植区划,在较小规模上(如农户)则直接进地作物在各块土地上的配置。为此,按照相似性和差异性的原则,尽可能把相适应相类似的作物划在一个种植区,划出作物现状分布图与计划(或远景)分布图。

(八) 可行性鉴定

将作物结构与配置的初步方案进行下列各项可行性鉴定:① 是否能满足各方面需要;② 自

然资源是否得到了合理利用与保护；③ 经济收入是否合理；④ 肥料、土壤肥力、水、资金、劳力是否平衡；⑤ 加工储藏、市场、贸易、交通等可行性；⑥ 科学技术、文化、教育、农民素质方面的可行性；⑦ 是否促进农林牧、农工商综合发展等。⑧ 产业化的前景和可操作性等。

三、调整植物生产布局的原则和应处理的几个关系

影响布局的因素较多，并且布局具有多目标性。因此，确定一个生产单位的植物生产布局是一项复杂的工作。由于布局是农业生产中的战略性措施，对农业生产及其有关方面具有重要影响，在制定和调整布局时必须认真对待，慎重考虑各个环节，科学决策，处理好各方面的关系。

(一) 植物生产布局的原则

在确定一个生产单位的布局时，定性分析的一般程序是，首先考虑当地适宜种什么作物？需求量多大？能否引导市场？其次考虑种多大面积？最后确定种在什么地方？具体来说，就是要考虑以下三个方面的原则：

1. 植物生态适应性是基础　植物生育所需要的光、热、水、土、气等因素，简称生态条件。植物生态适应性是指植物生物学特性及其对生态条件的要求与某地实际环境条件适应的程度，简单地说就是植物与外界环境相适应的程度。适应性好，说明能种植某作物或可能获得比较理想的产量和效益；相反，适应性较差的作物，种植的可能性小或勉强种植而产量低、效果差。生态适应性对作物布局的影响表现在以下两个方面。一是生态适应性较广的作物分布较广，种植的面积可能较大；生态适应性较差的作物分布范围较窄。如小麦生态适应性较广，在世界上的分布较广，种植面积较大。茶的生态适应性窄，只能在湿度大、温度较好的地区种植，山东省只能在某些地区零星种植。二是生态条件好的地区适宜种植的作物种类多，作物布局的调整余地大；生态条件差的地区种植的作物种类少，作物布局的调整余地小。如气候温暖、水资源充足、土壤肥沃的地区，粮、棉、油、果、菜都可种植，作物布局的选择途径较多；而盐碱地区、干旱无水浇条件的地区、土壤瘠薄的丘陵地区的作物种类少，作物布局的调整程度则受较大限制。

2. 社会需求是导向　农业生产的目的是为了生产社会的需要的产品，植物生产布局也要服从和服务于这一根本目的，盲目安排作物种类、面积和配置，只能起到事倍功半的效果。社会需要包括两个方面的内容：一是自给性生产需要，即直接用于生产者吃、穿、用、烧等各种植物产品的生产需求。二是商品生产需要，即服务于国家和市场对植物产品需求。社会需求状况和发展变化，制约作物布局的类型和发展方向。

3. 社会经济和科学技术是重要条件　社会经济和科学技术可以改善作物生产条件，为植物生长发育创造良好的环境。生产条件包括水利、肥料、土地状况、劳力、机械化、农田基本设施等。人们通过合理投入可以改善生产条件如修筑梯田、发展灌溉、增施肥料、建造温室、塑料大棚、地膜覆盖等，这些改善作物生产条件的措施，都可以直接影响植物生产布局。

作物生态适应性、社会需求、社会经济和科技因素对作物布局的影响各具特色，同时彼此之间又相互联系、相互影响（图5－2）。如在自然状态下不能种植某作物的地区和季节，通过社会经济和科学技术的投入，可进一步解决能不能种某作物的问题。随着社会的发展、经济条件的改善、农业投资的增加、科学技术的发展，社会经济和科学技术对作物自然生态适应性的影响愈加深刻。社会对某种产品需求迫切性的增加，也会促进社会经济向该方面增加人力、物力、财力和

科技的投入，从而促进该种农作物面积扩大、产品数量增多和质量改善。

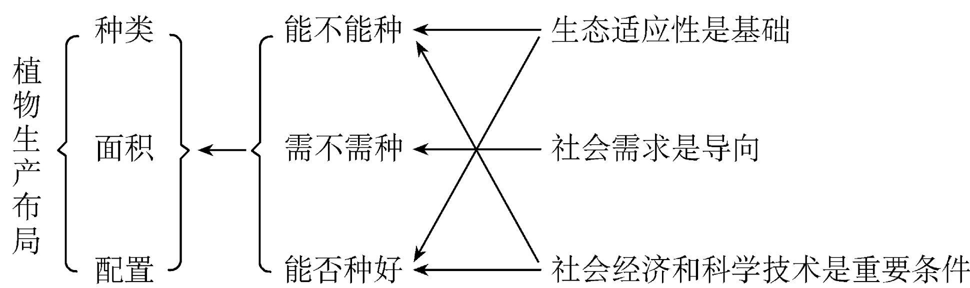


图 5—2　植物生产布局及其影响因素

（二）植物生产布局的稳定性和相对性

在影响作物布局的诸多因素中，根据变化难易，可分为三种类型。第一类是相对恒定性因素，如大部分自然因素包括光、热、降水、土地等。这些因素虽然年际间有差别，但变动较小，人们对这些因素的调控能力小。在作物布局时，人们往往是通过作物种类和面积的安排，适应这些因素。第二类是短时期内难以改变或变动少的因素，如人们对农产品的需求种类、人地比、土壤肥力状况、能源、交通等，这些因素短期内变化不大。第三类是易变因素如市场需求、价格、品种、肥料数量等。这些因素变化较快，一年内不同季节之间就有很大变化。

植物生产布局的基础是生态适应性，而光、热、水、土又是不变因素，某些社会因素也是短期内变动较小的因素，因此，作物布局应该是稳定和延续的，尤其是易变因素变化不大时，作物布局应保持稳定。当然，作物布局的稳定性是相对的，当易变因素发生变化时，应当及时调整作物布局。正是作物布局的稳定性是相对而言的，从而使作物布局呈现出阶段性变化。在实际生产中往往表现为新作物布局一经确立，需要经过一段稳定发展时期，这是种植业生产发展的客观规律，频繁地、盲目地调整作物布局往往会引起农业生产大起大落，导致农业生产不稳定。当然，过分强调稳定性，忽视作物布局发展变化的阶段性，也会丧失种植业发展的良机。目前，我国农业正处在由传统温饱型向优质高效农业发展的时期，农业生产也由计划型向市场型转变，作物布局调整正处在关键时期。根据市场需求，在大范围内确定作物布局的整体构架，加强宏观指导，是当前生产中迫切需要解决的问题。由于作物布局具有稳定性，并且这种稳定性是相对的，因此，在调整作物布局时强调“稳一块、活一块”是较为科学的。即稳定与人们生活、经济发展有关的大宗作物的面积，放开市场需求易变性大的作物种植规模，有利于种植业生产健康持续发展。

（三）植物生产布局和种植业结构

同工业生产一样，种植业生产的目的也是为了生产一定数量、质量且产销（需）对路的产品。各类农作物产品数量之间的比例关系和质量组成状况即为种植业产品结构。所确定的各类农作物播种面积的比例关系即为种植业结构或作物结构，是作物布局所涉及的问题。就农产品生产数量而言，受播种面积和单产两个因子制约。布局仅考虑面积的影响，过分强调调整种植业结构或布局的作用，只重视扩大面积，打面积战，忽视提高单产和改善品质，往往会出现以经挤粮或以粮挤经，很难做到产量、品质和效益的统一。种植业结构不等于产品结构，提倡用种植业产品结构替代种植业结构的概念，增强商品意识。在进行种植业产品结构调整时，应处理好面积、单产和总产的关系。

（四）植物生产布局的多样性和专业性

关于植物生产布局中作物种类的多少和规模大小，一直存在两种观点，即布局的多样性和专业性。

1. 多样性　即布局中作物种类较多，各种作物都有一定的面积，也称为小而全的布局。这种布局的优点表现在以下几个方面：一是有利于合理利用多样化的自然条件。二是可以增加生产和收入的稳定性，减少风险。三是有利于满足各方面的需要，尤其是自给性需要。四是有利于均衡使用全年的劳力和其他资源。植物生产布局的多样性的不足突出表现为农作物生产商品率低，扩大再生产慢，难以提高现代化技术水平，不利于生产迅速发展等方面。

2. 专业性　即布局中涉及的作物种类少、面积大，也称为专业化布局。专业化布局的好处表现在两个方面。一是专业化布局地域分工明显，有利于发挥当地资源优势，作物产量高、商品率大，有助于商品经济和加工业的发展。二是有利于提高技术水平和机械化效率。植物生产布局专业性的不足就是实现不了布局多样性的优点。

一般认为，商品经济越发展，生产地域分工越明显，植物生产布局专业化程度越高。鉴于我国的国情，在种植业生产中既要注意适当集中，又要防止种植单一化。

第三节　种植方式与植物生产

种植方式是指在一定的自然和社会经济条件下，形成的规范化的耕地利用方式或作物种植形式，也有人称为种植模式，是作物与作物之间在时间、空间和平面上的组合方式。

一、植物生产中的复种技术

复种（Sequential cropping）是指在同一田地上一年内接连种植二季或二季以上作物的种植方式。是植物在时间上的集约种植方式。复种的程度用种植指数（Cropping index）来衡量，即播种面积除以耕地面积，反映了耕地的集约利用强度。

多熟种植（Multiple cropping）是国际通用的概念，指时间和空间上的种植集约化。它包括复种、套种，也包括间作和混作。即凡在一年内，于同一田地上前后或同时种植两种或两种以上作物都称为多熟种植。

与复种相对应的是休闲（Fellow），指的是在可种作物的季节只耕不种或不耕不种的方式。更长时间的休闲，称为撂荒，指的是荒地开垦种植几年后，较长时期弃而不种，待地力恢复时再行垦殖的一种土地利用方式。

（一）复种的意义和效益

复种的中心目的是集约利用时间和土地，提高年光能利用效率。

1. 农业增产的重要途径　利用土地扩大作物总产量的途径有三条：扩大耕地面积，多种多收；高多种作物单产，高产多收；理安排全年作物种植，实现一年在一块耕地上种多种作物既复种，提高单位面积的年产量，实现多种、高产相结合。

2. 复种是我国耕作制度的重要特点　复种在我国历史悠久，是我国精耕细作、集约种植传统的重要组成部分。在我国农业生产中发挥了重要作用。目前我国粮食和经济作物总产的3/4

是在复种耕地上生产的。复种面积生产的粮食占粮食总产的40%以上。南方棉区的棉花90%是复种。油料作物50%以上是复种。约 700×10^4 hm^2 绿肥几乎全是复种。全国各地都有复种的报道。复种在扩大农作物播种面积,协调了种植结构,缓解了作物争地矛盾,提高了粮食产量,解决了温饱问题,和促进经济作物的发展方面发挥了重要作用。

3. 复种是世界农业发展的动向 世界对复种的重要性日益重视。FAO认为将来农作物增产的来源将会是扩大耕地面积占28%,而提高复种指数和提高单产占72%。国际水稻研究所认为通过集约的多熟种植,饥饿和营养不良问题是可以解决的。

(二) 复种运用的条件和技术

1. 选择适宜的作物组合 与热量相适应的技术措施有利用短生长期作物代替长生长期作物,利用间隙生长期进行填闲种植;发展再生稻。与肥水、避灾相适应的作物组合技术是指不能超越当前现实的肥水条件和抗灾能力,安排相应的作物种植。

2. 选择适宜的作物品种。

3. 采用套作和育苗移栽技术。

4. 抢时播种,采用早发早熟的措施。

5. 掌握晚播作物的管理技术。

二、植物生产中的间作套种技术

(一) 间作套种的意义

在同一田地上种植一种作物的种植方式,叫单作(Sole cropping),称为纯种、清种、净种。间作(Intercropping)是指在同一田地上于同一生长期内,分行或分带相间种植两种或两种以上作物的种植方式。在同一田地上,同期混合种植两种或两种以上作物的种植方式,也称为混作(Mixed cropping)。套作(Relay cropping)指的是在前季作物生长后期的株行间播种或移栽后季作物的种植方式,也称套种、串种。如果在同一农田上,两种或两种以上的作物(包括木本)从平面、时间上多层次地利用空间的种植方式。就称为立体种植(Multistory cropping)。如果在同一田地上,作物与食用微生物、农业动物或鱼类分层利用空间种植和养殖的结构就称为立体种养(Multistory cropping and raising)。

间作套种是植物生产中重要的种植方式,在我国和世界植物生产中具有重要意义。

1. 增产 合理的间混套作比单作具有促进增产的优越性。单作情况下,时间和土地都没有充分利用,太阳能、水分和养分都有一定的浪费。实行间混套作,可以利用多余的劳力,扩大物质投入,与现代科学技术相结合,实行劳动密集、技术密集的集约生产。

间作套作的增产数量用土地当量比来表示。

土地当量比(Land equivalent ratio, LER)即为了获得与间混套作中各个作物同等的产量,所需各种作物单作面积之比的总和。

2. 增效 合理的间、混、套作能够利用和发挥作物之间的有利关系,可以较少的经济投入换取较多的产品输出。

3. 稳产保收 合理的间、混、套作能够利用复合群体内作物的不同特性,增强对灾害天气的抗逆能力。

4. 协调作物的争地矛盾　合理的间、混、套作缓解人多地少和作物争地的矛盾。提高土地生产率，劳动生产率，光能利用率和农产品商品率。协调种植业产业结构和食物营养结构。增加社会效益，经济效益和生态效益。

5. 在一定条件下可以改善生态环境。

(二) 间作套种增产原理和技术

单一群体难以充分利用环境资源。作物生长初期，植株个体小，叶面积小，漏光损失多。作物旺盛生长阶段，植株基本定型，枝叶茂盛，叶面积指数达到最大，田间封垄，作物用光呈平面用光状态。作物生长后期，随着个体衰老，部分叶片脱落或变黄，叶面积指数减小，会再次出现漏光损失，光合效率下降。

间套复合群体合理利用了植物间的竞争与互补的关系。植物间的正相互作用(互补关系)包括互补、偏利作用和互利共生。互补指的是不同植物互为补充的利用环境条件中的光、热、水、氧气等生存因子，包括不同抗逆性的植物互为补充的抗御旱、涝、风等自然灾害。偏利作用是指既某种植物的存在，得到了有利的生存条件。如减少病虫害，得以攀援生长，吸收、同化他种作植物的分泌物等，对他种植物不造成伤害。互利共生既植物种间彼此依赖，并能直接进行物质交流。

植物间的负相互作用(竞争关系)两个或多个生物争夺同一环境资源。发生在同种生物个体之间的竞争成为种内竞争，在单一群体中普遍存在。发生在不同物种个体间的竞争称为种间竞争。在复合群体中存在着种内竞争和种间竞争。竞争对于充分利用资源具有重要作用。

要发挥植物种间客观存在的互补关系和竞争关系，人们就要采用合理利用技术，对间套复合群体进行合理的调节和控制。

1. 选择适宜的作物种类和品种　根据作物的生态特性、生物学特性和生产管理特性，合理搭配种植方式中的作物种类。确定作物种类的原则是“生态上大同小异、生物学上互补有利、生产管理上方便容易”。

生态上大同小异指的是间套作物尤其是间作中作物对热量、水分的生态适应性基本相似，而在需光特性、需肥特性上存在一定差异。生产中喜光与耐荫作物的搭配是较有利的间套组合。

生物学特性的互补有利指的是间套作中的作物应存在对应互补关系。一般来说株高一高一矮、株形一胖一瘦、叶形一窄一圆、根系一深一浅、生育期一长一短、收获播种期一早一晚的组合，是理想的作物组合。

生产管理上的方便容易批是的是田间管理上的可行性。一般来说，在两作物共同生长期间，两作物的管理措施不要有太大的差异，或对某一作物进行农艺操作时，不应对另一作物构成不利影响。

同一作物不同品种的生物学特性存在较大差别，根据不同品种的特性进行品种搭配，有利于发挥种植方式改革的优越性。高产、抗病、抗倒、早熟是适于间套的理想品种。

间套种植方式中，作物、品种特性较单作发生了很大变化，包括形态、生理特性如叶形、叶片伸展方位、株高、干物质分配等，在间套条件下选择适于间套的品种是必要的，仅靠组装常规单作品种很难适应间套作的要求，加强间套作配套育种工作，是促进间套作良性发展的重要环节。

2. 建立合理的田间配置　田间配置是间套种植方式中重要的技术环节，它包括带宽、幅宽、间距、行比、行向、密度等内容，详细内容请查阅有关资料。建立合理田间配置，能实现三个“有利于”，即有利于保证生产目标的完成，有利于解决作物争肥争水争季节的矛盾，有利于田间管理措

施的实施。不同种植方式的田间配置差别很大，共同的技术特征为：

高低畦种植和分畦种植。将间套作物分别种在高低畦上或分畦种植，有利于解决作物在肥、水、光、管理上的矛盾。

窄行密株，增加密度。间套条件下，将作物大小行种植，挤中间，空两边，成带种植，即采用“挤空”对策，有利于减少作物竞争，便于田间管理。比单作缩小株距，有利于保证种植总密度。

保持适宜间距。保持一定间距，是减少竞争和便于管理的有效措施。

确定合理田间配置的原则是瞻前顾后、兼顾左右、便于管理、增加密度、保证产量。

3. 调整作物种植时间　调整作物种植时间是解决作物竞争，发挥间套优势的有效技术。在套作条件下，套种过早，延长了两作物共同生长期，对套种作物苗期生长不利；套种过晚，套种作物增产效果不显著。在间作条件下，要考虑间作物的适宜播种期，同时尽量使每一作物产量形成的主要时期处在比较适宜的季节。

4. 增加投入，合理运筹肥水　间作套种的施肥原则是以配置定密度，以密度定产量，以产量定施肥量，施肥以株定量，是间套施肥的原则，不能简单地按种植面积施肥。间套作条件下，集中施肥，可以人为创造不同的地力条件，能保证主作物产量增产、不减或少减，作物肥料利用率也会发生变化。

5. 采用新技术，调节作物生长　保护地栽培技术、育大苗壮苗移栽技术和化控技术，是生产中调节作物生长、解决作物争光争肥争水争季节矛盾的有效方法。

6. 综合防治病虫害。

三、植物生产中的轮作和连作技术

在同一块耕地上，一种作物收获后换种另一种作物叫换茬。轮作（Rotation）指的是在同一块耕地上，按既定顺序轮换种植不同作物的种植方式。在同一块耕地上，前后茬为同一作物，叫连茬也称重茬。连作（Monoculture）指的是在同一块耕地上，连年种植相同的作物。

（一）轮作的意义

1. 减轻土壤传染的病虫害　轮作通过换种非寄主作物，使土壤中的病原菌的不到寄主被逐渐削减或消灭；利用不同作物形成不同区系的土壤微生物和不同的土壤理化环境，遏制病原菌的生存和发展；改善作物营养，使植株生长健壮，抗病性提高。

2. 防除、减轻某些杂草危害　轮换种植不同作物，使寄生杂草找不到寄主而死亡，如向日葵的列当、大豆菟丝子等，使许多生态适应性和形态与作物相近的伴生性杂草得到抑制和防除。

3. 协调利用土壤养分和水分　利用作物对水分、养分的利用特性差异，避免土壤养分和水分的片面消耗。

4. 调节、改善土壤的理化性状　主要通过调节土壤有机质含量，作物特性对土壤理化性状的直接作用以及作物所需的农艺管理措施对土壤的影响等方面来改善和调节土壤的理化性状。

轮作合理利用了作物—土壤—作物之间的有利关系，可以经济有效的防治病虫草害，减少农药和除草剂的用量。能充分发挥作物之间的营养异质互补效应，减少化肥的用量。不仅能够减少生产成本，而且对于提高农产品品质，减少农业生产的环境污染具有重要意义。

（二）连作及其运用

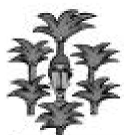
1. 生产中的连作现象　由于以下原因,连作在生产中应用广泛。社会对某些作物的依赖;为了发挥资源优势;某些地段只适合某些作物;不同作物对连作反应不同;生产条件改善和科学技术进步,可以缓解或消除连作时的障碍。

2. 不同作物对连作的反应　根据作物对连作的反应,将作物大致分为三大类:

忌连作的作物　如果树类作物、亚麻、红麻、甜菜和西瓜等。这类作物需要间隔5～6年以上方可再种。

耐短期连作的作物　如烟草、马铃薯、茄子、辣椒等;豆科的大豆、豌豆、蚕豆、菜豆等。这类作物连作二、三年受害较轻。

耐连作的作物　这类作物主要有麦类作物、玉米、水稻、棉花、高粱、甘蔗、圆葱等。



思考题

1 什么是种植制度?它包括哪些内容,在植物生产中有何意义?

2 植物生产布局的内容有哪些,如何调整植物生产布局或结构?

3 在植物生产中为什么要建立合理的种植方式,它包括哪些内容?



农作物生产

农作物主要指农田大面积栽培的大田作物,农作物生产是维系人类生活需求的基本来源。中国是世界农业和栽培植物最早和最大的起源地,有 136 种栽培植物起源于中国。常见的栽培农作物有 50 多种,包括粮、棉、油、糖、麻、烟、纤维等作物。稻谷、小麦、玉米是我国栽培的三大作物,占全国农作物种植面积的 55.6%。随着人们生活水平的提高,我国作物种植的种类正不断扩大,作物生产的目标也由片面追求高产转向追求高产、优质、高效。

第一节　小麦

一、概况

(一) 生产概况

小麦是重要的粮食作物,全世界约有 35%～40%的人口以小麦产为主要粮食。据统计,1995—1997 年各国累计年均小麦收获面积为 2.255 6×10^8 hm^2,占谷物收获面积的 32.21%。小麦收获面积和总产居各种农作物之首。

小麦子粒中含有丰富的糖类、蛋白质、脂肪和多种矿质元素、维生素,易加工,耐贮运,不仅是多数国家的主食和副食的加工原料,也是主要的贮备和贸易粮。

小麦常年栽培面积超过 1 000×10^4 hm^2 的国家有:中国、美国、印度、俄罗斯、加拿大和澳大利亚。常年单产较高的国家主要集中在西欧,如爱尔兰、比利时、荷兰、英国、德国、法国、丹麦等国家,单产均超过 7 000 $kg·hm^{-2}$。小面积最高单产是 20 世纪 80 年代的 19 995 $kg·hm^{-2}$(前联邦德国)和 1974 年的 15 045 $kg·hm^{-2}$(中国青海省诺木洪农场)。

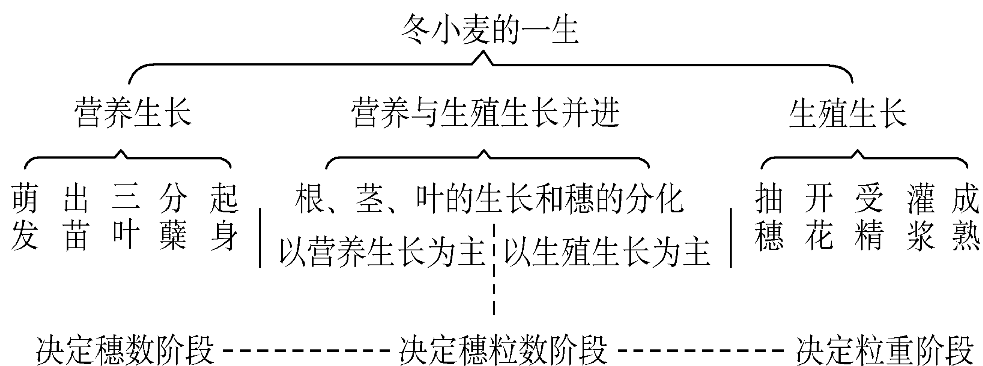
小麦在我国是仅次于水稻的第二大粮食作物,在全国粮食生产和人民生活中占重要地位。

1991—1995 年,全国小麦种植面积年均 2 990.4×10^4 hm^2,占粮食作物总面积的 27.04%,单产 3 364.2 kg·hm^{-2}、总产达 1 010.86×10^8 kg,占粮食总产量的 22.50%。

我国小麦主要分布在豫、鲁、冀、川、苏、陕、甘等省,单产较高的有北京、山东、西藏、天津、江苏等省区市,1990—1996 年平均单产分别为每公顷 5 710.5 kg、4 674 kg、4 513.5 kg、4 392 kg 和 4 110 kg。

(二) 生物学特性

1. 小麦的生育周期　小麦的生育周期,是指从一粒完整的种子萌发到产生新的成熟的种子的整个过程,习惯上称为生育期。从栽培和育种工作的需要出发,人们通常把小麦的生育过程划分为营养生长(幼苗生长)、营养生长和生殖生长并进(器官建成)和生殖生长(子粒形成)3 个阶段。各阶段所包含的生育时期及其各阶段对产量构成的作用总结如下(冬小麦为例):



2. 小麦的阶段发育

(1) 小麦的感温阶段(春化阶段)　根据不同品种通过春化阶段对温度、时间要求的不同,一般分为 3 种类型:

冬性品种　春化阶段适宜温度 0～3 ℃,经历 35 d 以上,否则不能抽穗。

弱(半)冬性品种　春化阶段要求 0～7 ℃,经历 15～35 d。

春性品种　在北方春麦区播种要求 5～20 ℃,秋播地区在 0～12 ℃条件下,经历 5～15 d,可完成春化。未经春化的种子在春天播种也能正常抽穗结实。

(2) 小麦的感光阶段(光照阶段)　小麦通过春化阶段后,在适宜的环境条件下进入光照阶段,这一阶段生育进程的主要影响因素是光照的长短。小麦品种对光照时间长短的反应也分 3 种类型:

反应迟钝型　每天 8～12 h 日照条件下,经历 16 d 以上能正常抽穗。南方冬播春性品种属此类。

反应中等型　每天 8 h 日照不能抽穗,12 h 下经过 21 d 可以抽穗,弱冬性品种属此类。

反应敏感型　每天 12 h 以上日照,经 30～40 d 才能通过日照阶段而抽穗结实,冬性品种属此类。

3. 小麦各器官的生长发育及功能

(1) 种子的构成与萌发出苗　小麦种子从组成上包括 3 部分:胚、皮层和胚乳。胚是种子的重要组成部分,一般占种子质量的 2%～3%,由盾片、胚芽、胚轴、胚根和外子叶组成,在种子萌发时,胚芽发育成小麦的地上部分——茎和叶片,胚芽鞘是包在鞘蘖芽以上的鞘状叶,胚轴连结胚芽、胚根和盾片,萌发后胚芽鞘蘖芽以上的部分伸长形成地中茎,胚根包括主根及其位于其上方两侧的第 1、2 对侧根。胚乳由糊粉层和淀粉层组成,约占种子质量的 90%～93%。其中糊粉层约占种子质量的 7%,均匀分布在胚乳的最外层,主要成分有纤维素、蛋白质、脂肪和灰分组

成，蛋白质存在于淀粉粒之间。小麦胚乳质地有硬质（角质）和粉质（软质）之分。

渡过休眠期的种子，在适宜的水分、温度和氧气条件下，便开始萌发生长。小麦的种子的萌发必须经历吸水膨胀、物质转化和形态变化三个过程。当种子吸水达到自身重量的45%～50%时，胚根首先突破种皮而萌发，称“露嘴”，接着胚芽鞘也破皮而出，一般胚根生长比胚芽快，当胚芽鞘长达种子的一半时称为发芽。种子萌发与出苗要求的最适宜土壤水分为田间最大持水量的75%～80%；发芽的三基点温度分别为0～1 ℃、15～25 ℃和30～35 ℃，在10 ℃以下发芽不整齐，高于24 ℃时，呼吸强度大，发芽受抑制；正常条件下适宜的播种深度为3～5 cm。

（2）营养器官的生长与功能

根　小麦的根属须根系，由初生根（种子根）和次生根（节根、不定根）组成。初生根细而坚韧，并有分支、倾于垂直分布，扎入土壤较深，冬小麦的入土深度一般2 m左右，最深可达3 m。次生根一般在幼苗长出4片叶时从地中茎以上的分蘖节上发生，随生育进程的推移，根数量不断增加，到孕穗至开花时达到高峰，一般可长出30～70条或更多。次生根较初生根粗壮，根毛密集，与地面呈锐角状向四周扩散，长到20 cm左右向下伸长，开花时一般可长达100 cm左右，条件优越时可更长。小麦的根系70%左右分布于0～20 cm耕层，20%分布于20～40 cm土层，少量分布于40 cm以下深土层。

茎　小麦的茎由节及其节间组成。小麦的茎分为地上和地下两部分，地下部分由地中茎和不伸长的节间（即分蘖节）构成，地上节伸长，一般为4～6个节间，多数为5个节间。

叶　小麦的叶由叶片、叶鞘、叶耳和叶舌4部分组成。是小麦进行光合、呼吸、蒸腾的重要器官，也是对环境条件反应最敏感的部分。生产中常根据叶片的长势、长相及群体面积的大小采取相应的管理措施，或据此检验措施的效果。小麦的叶片数，因品种、播期、气候及栽培条件的不同而变化，但在一定生态条件下，主茎叶片数较为稳定，如黄淮麦区冬小麦主茎叶多为12～14片（其中冬前6～8片，冬后6片左右），春小麦多为9～11片。

（3）小麦生殖器官的生长发育　小麦的穗属复穗状花序，包括穗轴和小穗两大部分，穗轴由节片组成，每节着生一个小穗，分枝型在二次轴上可进一步分枝。每个小穗包括一个小穗轴、两枚护颖和数朵小花，栽培小麦每穗一般有15～22个小穗，每个小穗有3～9朵小花，但仅有2～7朵发育完善而开花结实，开花结实的小穗叫结实小穗，1朵发育完全的小花，由1枚内颖、1枚外颖、2枚鳞片、3枚雄蕊、1枚雌蕊组成，雌蕊由子房和羽毛状的柱头组成。小麦属自花授粉作物，受精后子房发育成子粒。

小麦的穗分化过程。小麦穗是由茎生长锥发育而成，穗分化一般在春化阶段即将完成、并进入光照阶段时开始，经历生长锥伸长期、单棱期、二棱期（含2棱伸长）、护颖原基分化期、小花原基分化期、药隔期和四分体等8个时期完成整个过程，然后进入开发结实阶段。此阶段历经时间长，环境条件中温光和群体等条件也发生急剧变化，是争取穗大粒多的关键时期，应科学地采用肥水等调控措施协调好群体与个体的矛盾，以增加小花分化，减少退化，提高穗粒数。

小麦子粒的形成。小麦穗、花分化发育基本完成后（约挑旗期），经10～15 d抽穗，开始开花受精（开花受精的三基点温度为，最低10～11 ℃，最适18～20 ℃，最高30 ℃），并进入子粒生长发育阶段，此阶段在黄淮冬麦区一般需30～35 d，这一期间，根据子粒内外部发生的一系列变化，大致分为3个过程。子粒形成过程：从受精坐脐开始到多半仁，历时10～12 d，这是胚的各部分器官和胚乳细胞形成期，此过程干物质增重较慢，但含水量较高。灌浆过程：从“多半仁”经过“顶

满仓”到蜡熟期为灌浆阶段,一般历时 20 d,此阶段胚乳细胞中开始沉积淀粉,干物质增加迅速,含水量缓慢下降。成熟过程:由蜡熟到完熟,一般历时 3～7 d,此时灌浆基本结束,子粒含水质量分数由 38%～40%,急剧下降到 30%或更低,子粒变硬,体积缩小,正值收获期。影响小麦子粒灌浆成熟的主要因素有温度、光照、肥水条件、群体大小和病虫草害情况。

(4) 分蘖消长与成穗规律　小麦各级分蘖的出生与主茎的叶片具有一定的对应关系,即所谓同伸关系。小麦幼苗的主茎生出第 3 叶时(三叶龄用 3/O 表示),由胚芽鞘中长出胚芽鞘分蘖,即 C 蘖,它是小麦最先生出的分蘖,在一般大田条件下,胚芽鞘芽通常不发育。当主茎伸出第 4 叶时,在主茎第 1 叶腋中长出主茎的第 1 个分蘖,即 I 蘖。以后主茎每增生 1 片叶,即沿主茎出蘖节位由下向上顺序长出各个分蘖,一般是按($n-3$)的关系出生的。同样,每个分蘖在伸出 3 片叶时,也能像主茎一样,长出第 1 个次级分蘖,这个次级分蘖是由分蘖鞘腋长出的。如当主茎长出第 6 片叶时,在主茎第 3 叶的叶腋中长出第 3 个一级分蘖,即Ⅲ蘖,同时,第一个一级分蘖即 I 蘖已达三叶龄。在其蘖鞘腋中生长出第 1 个二级分蘖,即 Ip 蘖。每个叶龄组的分蘖数是前两个叶龄组分蘖之和。即 3 叶龄 1(仅有 1 个蘖即主茎)、4 叶龄 2(2 个蘖即主茎和 I 蘖)、5 叶龄 3、6 叶龄 5、7 叶龄 8、8 叶龄 13……依次类推。有些情况下,田间实际情况与上述叶蘖同伸关系并不完全吻合。分蘖初期,有时分蘖出现早于对应叶;叶位和蘖位越高,分蘖常迟于对应的叶片伸出,水肥不足、栽培技术不当,不仅同伸蘖不能按时出现,甚至形成空节缺位现象。如播种过深时,一级分蘖 I 常不出现。一般低级位分蘖容易形成穗。

(5) 器官相关与肥水效应　肥水效应的发挥晚于肥水施用的时间。研究表明,细胞分化生长盛期的器官对肥水反应对敏感,因此肥水措施对伸长初期器官的作用最显著,伸长中期次之,伸长末期影响很小,定形期无效应。例如春生第 2 叶露尖时施用肥水,主要促进的是春 4 叶,其次是春 5 和纯 3 叶,依此类推,其规律是,若以 n 代表施用肥水时露尖的叶片,影响最大的是 $n+$

表 6－1　中国小麦种植区域的划分

主区	亚　区	副　区
春(播)麦区	I 东北春(播)麦区 II 北部春(播)麦区 III 西北春(播)麦区	1. 北部高寒区　2. 东部湿润区　3. 西部干旱区 4. 北部高原干旱区　5. 南部丘陵平原半干旱 6. 银宁灌溉区　7. 陇西丘陵区　8. 河西走廊区 9. 荒漠干旱区
冬(秋播)麦区	IV 北部冬(秋播)麦区 V 黄淮冬(秋播)麦区 VI 长江中下游冬(秋播)麦区 VII 西南冬(秋播)麦区 VIII 华南冬(晚秋播)麦区	10. 燕太山麓平原区　11. 晋冀山地盆地区 12. 黄土高原沟壑区 13. 黄淮平原区　14. 汾渭谷地区　15. 胶东丘陵区 16. 江淮平原区　17. 沿江滨湖区 18. 浙皖南部山地区　19. 湘赣丘陵区 20. 云贵高原区　21. 四川盆地 22. 陕南鄂西山地区丘陵区 23. 内陆山地丘陵区　24. 沿海平原区
冬、春兼播麦区	IX 新疆冬春兼播麦区 X 青藏冬春兼播麦区	25. 北疆区　26. 南疆区 27. 环湖盆地区　28. 青南藏北区　29. 川藏高原区

2位叶,其次是 $n+3$ 位叶和 $n+1$ 位叶。根据不同器官的同伸关系,促进最大的叶鞘是 $n+1$ 位鞘和 n 位叶着生的节间。

(三) 栽培小麦的起源和分类

小麦是禾本科(Poaceae,原用 Gramineae)小麦族(Triticeae dumort)小麦属(*Triticum* L.)植物。人类栽培小麦始于1万年前的近东地区。世界上栽培面积最大的是普通系的普通小麦种,其次是二粒系的硬粒小麦、圆锥小麦和波兰小麦3个种。在我国普通小麦(占96%以上)分布于全国各地,圆锥小麦(占2%)零星分布于中部、西部和西北部,硬粒小麦(不足1%)分布于西南和西北地区,新疆地区有极少波兰小麦种植。

我国小麦栽培地域辽阔,南自海南岛(18°N),北至漠河(53°29′N),西起新疆的喀什地区,东抵沿海诸岛。从盆地到高原均有栽培,不但气候复杂多样(从热带到北温带、由湿润到干旱多样类型的气候),而且地形错综复杂,形成了多种多样的小麦生态环境,从1月到12月均有小麦收获。我国学者以小麦的气候条件、种植制度和栽培特点现状为依据,将我国小麦种植区域划分为3个主区、10个亚区、29个副区。见表6−1。

二、栽培技术

小麦生产的实质,是小麦植株在土壤气候环境和人为农艺措施综合影响下,进行光合生产和物质积累与分配的复杂过程。生产中小麦产量的水平不同,制约小麦进一步高产的因素不同,栽培措施协调光合性能的着力点不同。在由低产水平向6 000 $kg \cdot hm^{-2}$水平过渡时,栽培措施的着力点应放在改变土肥水等生产条件上,努力扩大光合性能中对环境条件反应最敏感的光合面积。在单产6 000~9 750 $kg \cdot hm^{-2}$水平,应着重解决好群体与个体的矛盾,在保证群体充足的前提下,增加个体产量。

(一) 耕作整地

以耕翻为基础,耙、耢(糖)、镇压、起垄、开沟、作畦等表土耕作相结合,正确把握宜耕、宜耙时机,减少耕作费用和能源消耗,保证作业质量。

耕翻　耕翻可翻转耕层,将耕层上下层次适当交换,掩埋有机、无机肥料、作物残茬、杂草以及病虫残体;可利于疏松耕层,降低土壤容重,增加孔隙度,改善通透性,促进好气微生物活动和养分的矿化,提高土壤渗水,蓄水、保肥和供肥能力。一般认为目前麦田的耕翻深度:旱地(旱作水浇地)以20~25 cm,稻茬麦以15~20 cm较宜。

表土耕作　表土耕作主要是配合耕翻进行的辅助性措施,其目的在于改善耕翻层上层及表面状况,使之符合小麦播种的要求。包括耙地、耢地、镇压、开沟、作畦等。耙地有耙碎踏实土壤、破除板结、疏松表土、平整地面、混拌肥料、耙碎根茬、消除杂草、减少(或增加)蒸发、抗旱保墒(水分过多时则利于散墒)等作用。耢(糖地)地可耢平耙沟,兼有平土、碎土和轻压的作用。镇压有压实土壤,压碎土块,弥合裂缝减少土壤中气态水分损失的作用。少耕法的特点是因地制宜减少耕作次数,或松而不耕,进行局部耕作等。免耕法的特点是用特制的免耕播种机(如犁耧),使用有机肥或水稻秸秆覆盖其上,待小麦出苗后收回秸秆。

(二) 播种

播种是小麦栽培技术的核心环节之一,是获得高产的基础。检验标准是苗齐、苗全、苗匀、苗壮,为群体合理发展和丰产打好基础。除了精细整地,科学施肥,足墒下种外,还应十分重视种子

的精选和处理，适期、适量播种，选用适宜的播种方式和播种机具，提倡用小麦精密播种机播种，确保其质量。种子精选和处理：一般要求精选发芽率高，发芽势强，无病虫，无杂质，饱满一致的良种种子，并进行包衣或药剂拌种。播前晒种或浸种催芽等以保证出苗快、齐、匀、壮。播种期：冬麦区冬性品种适播期一般在日平均气温稳定在16～18 ℃，弱冬性品种14～16 ℃，春性品种在12～14 ℃，并在此前提下视土壤肥力水平、病虫害特点、越冬安全性等特点作相应调整。春麦区应视气温变化特点、土壤墒情特点，一般日均气温稳定在0～2 ℃左右，表土化冻达到适宜播深时进行。适量播种：一般应综合考虑以下情况确定，如品种的分蘖与成穗特性；土壤肥力的高低；播种期的早晚；种子的发芽出苗率等。播种方式：目前我国小麦的种植方式主要条播、穴播、撒播等。不同播种方式均有各自规格。

（三）田间管理

田间管理是小麦栽培技术环节中最多变、最难把握的环节。其中心任务有3个，一是为小麦正常生长发育提供良好的条件；二是防治病虫草及自然灾害的危害；三是采取促控措施不断协调群体与个体的矛盾，使之向着预定的栽培目标发展。随着小麦生育的进程，田间管理常用的调控措施用施肥、浇水、划锄、镇压、断根、化控、防治病虫草害等。

施肥　高产小麦施肥应按有机、无机肥相结合的原则。目前生产中，除某些地区成土母质缺乏某一二种微量元素需要少量补充外，主要指氮、磷、钾3种元素。其施用量一般按每生产100 kg子粒需 N 2.5～3.5 kg，P_2O_5 0.9～1.5 kg，K_2O 2.5～3.5 kg的数量，再根据三者在土壤中可溶性含量，有机质补给量，并考虑到肥料的当季利用率和损失率确定其施用总量。施用方法，水浇地高产田一般将有机肥和磷、钾肥及某些微量元素肥料的全部，和50%～60%氮肥用作底肥（也可分层施用），剩余部分氮肥于翌年起身至拔节期结合浇水进行追肥。旱地麦田因年后无法浇水，一般采用底肥“一炮轰”的方法。免耕稻茬麦则以种肥、三叶期浇化肥水、起身拔节追肥形式进行。对某些地块也采用叶面喷施的根外追肥法。何时施肥，施多少，主要视土壤地力、产量目标、群体动态、叶色叶相及其肥水效益指标和规律酌情进行。

浇水　小麦不同生育阶段对耕层土壤相对含水量的要求指标分别为：播种至出苗60%～75%，出苗至越冬65%～80%，返青至拔节65%～80%，拔节至抽穗70%～80%，抽穗至成熟65%～75%。可视自然降水量的多少及分布，土壤地下水位及实有墒情灵活掌握。北方冬麦区一般浇底墒水、越冬水、起身拔节水、挑旗开花四水，有时也浇灌浆水。浇水的方法有畦灌、喷灌、渗灌等形式。在提高土壤肥力的基础上，综合运用节水栽培技术是目前小麦生产发展的方向。

划锄　麦田划锄兼有疏松表层，提温保墒，促苗早发和灭除杂草等多种功能。一般在降水或浇水后进行。划锄是栽培技术中沿用最多，最古老的措施，可视情况于出苗至拔节前反复进行多次。

镇压　多用于因干旱疏松而散墒严重的麦田，或有徒长旺长趋势的麦田，其作用是压碎土块，弥合裂缝，减少水分散失，和破坏大蘖叶片，抑制大蘖旺长促进小蘖生长。

断根　断根的作用是在越冬前或返青期用特制耘锄隔行深耘10 cm，切断老根。具有前控后促，断老根，长新根，深扎根，提高成穗率，增加穗粒重的作用。

化控　化学调控与防治，一类是用化学药剂调节小麦生长，如化控2号（壮丰安），于起身前后每公顷用450～525 mL喷于叶片，可控制个体生长，有减少分蘖，降低基部节间长度等作用；一类是巨星、骠马等化学除草剂；另一类是防病虫治害药剂，如粉锈宁、1605、甲基异硫磷、杀虫螨；

还有一类如生长素、赤霉素、细胞分裂素，芸薹素类的生长物质，适时适量施用，可真情以促进细胞分生与伸长，提高结实，促进灌浆等。

(四) 收获

适时收获的标准，是小麦蜡熟末期，植株同化作用和物质运转停止，子粒干物重不再增加，子粒含水量约为20%～25%时。在采用联合收割机收割时，要求子粒含水率20%左右为宜。小麦适宜收获期很短，因此在大面积生产中，应视小麦品种特点，天气变化情况，子粒的用途(种子或商品粮等)，人力畜力、机械数量及效率等，适当调整和安排收获、脱粒晾晒、入库。

第二节 玉米

玉米，学名玉蜀黍(又名苞米、苞谷、玉茭、棒子、玉麦、珍珠米等)，属于禾本科玉米属（*Zea mays* L.），英文名 maize/corn。原产于美洲大陆的墨西哥、秘鲁、智利，沿安第斯山麓的狭长地带，16世纪中期传入中国。

一、概况

(一) 生产概况

玉米是世界重要的高产谷类作物之一，是发展畜牧业的优良饲料和多用途的工业原料。目前全世界生产的玉米子粒约有70%～80%作为饲料，有10%～15%作为人们食用，有10%～15%作为发展工业的原料。玉米的饲用价值极高，人均占有玉米的数量被视为衡量一个国家畜牧业发展和人民生活水平的重要标志之一。玉米也是重要的工业原料。以玉米子粒及其副产品为原料加工的工业产品达2 000多种，其中最主要的有玉米淀粉、玉米糖浆、玉米油、酒精等。

世界上最适于种植玉米的地区有3个玉米带：第一是美国玉米带，它包括12个州；第二是中国玉米带，包括东北、华北两大平原和西南山区半山区；第三是欧洲玉米带，包括多瑙河流域的法国、罗马尼亚、南斯拉夫、德国和意大利等国家。目前，玉米种植面积和总产量仅次于水稻、小麦居第三位，单位面积产量居第一位。玉米总产量较多的前5个国家依次为：美国($2\ 193\times10^8$ kg)、中国($1\ 082.9\times10^8$ kg)、巴西(301.7×10^8 kg)、墨西哥(168.4×10^8 kg)、法国(138.6×10^8 kg)。

据1995—1998年的统计，我国玉米播种面积$2\ 407.2\times10^4$ hm^2，总产量$1\ 191.81\times10^8$ kg，平均单产4 951.0 kg·hm^{-2}。其中种植面积较大的前5个省依次是：山东省(273.3×10^4 hm^2)、黑龙江省(252.7×10^4 hm^2)、河北省(245.6×10^4 hm^2)、吉林省(242.5×10^4 hm^2)、河南省(205.3×10^4 hm^2)；玉米总产量较多的前5个省依次是：吉林省(160.42×10^8 kg)、山东省(145.15×10^8 kg)、黑龙江省(125.58×10^8 kg)、河北省(113.74×10^8 kg)、河南省(97.5×10^8 kg)。

我国玉米根据各地的自然条件，栽培制度等，全国可划分为6个玉米产区：Ⅰ．北方春播玉米区，Ⅱ．黄淮海平原夏播玉米区，Ⅲ．西南山地玉米区，Ⅳ．南方丘陵玉米区，Ⅴ．西北灌溉玉米区，Ⅵ．青藏高原玉米区。其中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个区为玉米主产区，占全国玉米面积和总产量80%，

Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ三个为副产区,玉米种植面积和总产量均较少。

(二) 玉米的生物学特性

1. 玉米生长发育三个阶段　玉米从播种到新的种子成熟为止,叫做玉米的一生。根据形态特征、生育特点和生理特性,可分为三个生育阶段。

(1) 苗期阶段(播种—拔节)　玉米苗期是指播种至拔节的一段时间。主要是长根、增叶、茎节分化,为营养生长阶段。苗期的长短,因品种、播期不同而有差异。一般春玉米约35 d左右,夏玉米早、中、晚熟品种约计20～25～30 d。生长的中心是根系,供长的中心叶是植株的基部叶片。本阶段生育特点是:茎叶生长缓慢,根系发展迅速。据测定,从三叶至拔节,地下部的干重增长速度,比地上部快0.5～0.7倍。至拔节期,茎节数、叶片数的分化已经决定,雄穗开始伸长,40%～50%的节根层数已经形成。为此,田间管理的中心任务,就是促进根系生长,培育壮苗,达到苗早、苗足、苗齐、苗壮的“四苗”要求,为玉米丰产打好基础。

(2) 穗期阶段(拔节—抽雄)　玉米从拔节至抽雄穗的一段时间,正处于生殖器官分化形成期,称为穗期。此期夏玉米历时27～30 d。从拔节至大喇叭口期为前半期,以茎叶生长为中心;大喇叭口至抽雄穗为后半期,以雌穗分化为中心。供长中心叶是植株下、中层叶片。生育特点是:茎节间迅速伸长,叶片增大,根系继续扩展,干物质迅速增加,同时,雄雌穗强烈分化,即由单纯的营养生长阶段向营养生长与生殖生长同时并进时期。这时期是玉米一生中生长发育最旺盛的阶段,也是田间管理最关键的时期。为此,这一阶段田间管理的中心任务,就是促叶、壮秆、穗多、穗大。具体地说,就是促进中上部叶片增大,茎秆粗壮,以达到穗多、穗大的丰产长相。

(3) 花粒期阶段(抽雄—成熟)　玉米从抽雄穗至成熟这一段时间,称为花粒期。此期经历时间,早、中、晚熟品种约30～40～50 d。这个阶段的生育特点,就是营养体停止增长,而进入以生殖生长为中心的时期,这就是经过开花、受精进入子粒产量形成阶段。从抽雄穗至子粒形成期为前半期是以开花受精为中心;子粒形成至成熟期为后半期是以子粒重量形成为中心。供长中心叶是植株的中、上层叶片,是决定粒数和粒重的重要时期。为此,这一阶段田间管理的中心任务,就是保护叶片、提高光合强度,促进粒多和粒重,达到丰产。

2. 玉米栽培生理特性

(1) 玉米光合作用　玉米是C_4植物,其光合作用最突出的特点是光合速率高,光补偿点和光呼吸低。如C_3植物的小麦和水稻光合速率分别为10.7～19.6 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$和7.6～18.9 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$;而玉米光合速率则达22.7～39.8 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,高的光合效率,有利于玉米有机物质的积累和子粒产量的形成。

(2) 玉米矿质营养　玉米在生长发育过程中,需要的矿质元素有20多种,其中大量元素有氮、磷、钾,中量元素有钙、镁、硫,微量元素有铁、硼、锌、锰、铜、钼等。随着玉米氮磷钾化肥大量施用和产量水平的提高,微量元素的作用日益明显。故在玉米生产上要注意配方合理施肥。

玉米对氮、磷、钾的吸收量,随产量水平的提高而增多。在多数情况下,一生中吸收的养分,以氮为最多,钾次之,磷较少。当产量为8 490 $kg \cdot hm^{-2}$时,吸收N 202.5 kg,P_2O_5 77.7 kg,K_2O 204.45 kg;每生产100 kg子粒吸收N 2.55 kg,P_2O_5 0.98 kg,K_2O 2.49 kg,氮∶磷∶钾＝2.6∶1∶2.5。玉米平均每生产100 kg子粒,吸收N、P、K数量和比例,可以作为计划产量指标需肥量的依据,并按当地生产条件和产量水平适当调整,以制定施肥方案。

(3) 玉米需水特性　玉米的需水特性,系指玉米一生中的需水总量和这些水分在各生育阶

段的合理分配量。了解玉米的需水特性,可为玉米合理灌溉提供理论依据。

播种至出苗期,需水量少,占总需水量的3.1%～6.1%。玉米播种后,需要吸收本身绝对干重的48%～50%的水分,才能膨胀发芽。一般土壤水分保持在田间持水量70%左右,对玉米发芽出苗最有利。

出苗至拔节期,植株矮小,生长缓慢,叶面蒸腾量少,耗水量不大,约占总需水量的17.8%～15.6%。一般土壤水分保持在田间持水量的60%左右为好,可促根壮苗,培育壮秆。

拔节至抽雄期,玉米拔节以后,进入旺盛生长阶段。耗水量增大,约占总需水量29.6%～23.4%。特别是抽雄前10 d左右,雄穗进入四分体期,雌穗进入小花分化期,对水分要求更高,为需水临界期的始期。这阶段土壤水分以保持田间持水量的70%～80%为宜。

抽雄至子粒形成期,玉米进入开花、受精和子粒体积建成时期,是决定穗粒数的关键时期。这时叶面积大而稳,植株代谢最旺盛,对水分要求达一生中的最高峰,日耗水量最高,达55.35～48.45 $m^3 \cdot hm^{-2}$。这一阶段土壤水分以保持田间持水量的80%左右为好。

子粒形成至蜡熟期,是玉米子粒增重最迅速和粒重建成时期,是决定子粒产量的重要阶段。仍需要充足的水分,才能保证光合和蒸腾作用的旺盛进行,如此期缺水因粒重降低而减产。

蜡熟至完熟期,子粒成熟,进入干燥脱水过程。仅需少量水分来维持植株生命活动,保证子粒的正常成熟。

(三) 玉米的类型

根据玉米子粒胚乳淀粉的结构分布,以及子粒外部稃的有无为标准,玉米可分为九个类型(亚种)。即硬粒型(*Zea mays* L. indurata Sturt)亦称硬粒种或燧石种,为我国长期以来栽培较多的一种玉米。马齿型(*Zea mays* L. indurata Sturt)亦称马牙种,我国高产地区的主要栽培类型之一,栽培面积大。半马齿型(*Zea mays* L. semindentata Kulesh)亦称半马齿种或中间型,也是各地生产上普遍栽培的一种类型。糯质型(*Zea mays* L. ceratina Kulesh)亦称蜡质型或蜡质种。爆裂型(*Zea mays* L. everta Sturt)亦称爆裂种。果穗较小,穗轴较细,粒色分黄、白、红紫色,子粒小。胚乳几乎全部为角质淀粉,仅中部有少许粉质淀粉,品质良好。子粒加热时,由于淀粉粒内的水分遇到高温,形成蒸汽而爆裂,子粒胀开如花。爆裂后的子粒比原来的大2.5倍以上。爆裂型玉米在我国有零星种植。粉质型(*Zea mays* L. amylacea Sturt)亦称软质种。果穗和子粒外形与硬粒型相似,惟无光泽。子粒胚乳完全由粉质淀粉组成,或仅在外层有很薄一层角质淀粉,因此子粒乳白色,组织松软,容重很低,无爆裂性,容易磨粉,是制造淀粉和供酿造用的优良原料,我国很少栽培。甜质型(*Zea mays* L. saccharata Sturt)亦称甜玉米,甜质种。有稃型(*Zea mays* L. tunicata Sturt)亦称有稃种。甜粉型(*Zea mays* L. amylacea saccharata Sturt)亦称甜粉种。

二、栽培技术

(一) 合理密植

合理密植可充分有效的利用光、水、气、热和养分,使群体和个体协调发展,解决穗数、粒数和粒重三者之间的矛盾,提高玉米的单位面积产量。是实现玉米高产的中心环节,影响密度的因素是品种、土壤肥力、生产条件和产量水平。

各地在确定玉米适宜密植幅度中，应根据各方面条件综合考虑。根据现有品种类型和栽培条件，提出玉米每公顷适宜密植幅度，供生产参考。

平展型晚熟高秆杂交种　48 000～52 500 株·hm^{-2}；

平展型中熟中秆杂交种　52 500～60 000 株·hm^{-2}；

平展型早熟矮秆杂交种　60 000～75 000 株·hm^{-2}；

紧凑型中晚熟杂交种　60 000～75 000 株·hm^{-2}；

紧凑型中早熟杂交种　75 000～90 000 株·hm^{-2}。

在上述品种适宜密度范围内，条件好的高产田，可采用适宜密度的高限，一般田可采用适宜密度的中、低限。

（二）提高植株群体整齐度

玉米的植株群体整齐度与子粒产量关系密切，提高玉米的群体整齐度是玉米获得高产的一项重要保障措施。测定整齐度可用下列公式：

$$整齐度=\frac{\overline{X}}{S}=\frac{\overline{X}}{\sqrt{\dfrac{\sum X^2-\dfrac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}}$$

式中：X 为性状的测量值，$\overline{X}$ 为性状的平均值，n 为样本数，S 为性状的标准差。整齐度是性状平均数为其标准差的倍数。玉米在不同密度条件下，株高整齐度有随密度增加而下降的趋势，而产量首先服从密度的增产效果。

（三）整地与播种

1. 整地　春玉米整地技术　在前茬收获后，及时灭茬，进行秋深耕，早春再进行镇压耙耢保墒。如果前茬收得晚，来不及冬季深耕，则应尽早春耕，随耕随耙，防止跑墒。无灌水条件的旱地，春季应多次耙耢保墒。

夏玉米整地技术　夏玉米生长期短，对未能套种而进行夏直播的玉米，在麦收后要争分夺秒抢时、抢墒早播，并力求提高整地质量。亦可利用前茬深耕的后效，采用铁茬播种后再中耕松土等方法。

2. 播种　选用优良杂交种　正确选用优良杂交种是实现玉米高产的重要措施。第一，要正确认识良种增产潜力。第二，要选用纯度高的一代杂交种，禁止使用混杂退化和越代种。第三，要选用紧凑型的高产杂交种。叶片上冲的紧凑型杂交良种比叶片平展的普通型杂交良种，具有透光性好、适于密植等丰产特性，是高产再高产的突破口。

春玉米播种技术　春玉米适期早播种，是增产关键措施之一。华北地区一般在土壤表层5～10 cm 深处稳定在 10～12 ℃时播种为宜，东北地区则以 8～10 ℃开始播种。足墒播种是全苗关键。播种量，一般条播、犁种为 60～75 kg·hm^{-2}，机械播或耧播为 45～60 kg·hm^{-2}，点播为 30～45 kg·hm^{-2}。一般播种深度以 5～6 cm 为宜。

夏玉米早播技术　一是麦田套种。要抓好四个关键：一要选用增产潜力大的中晚熟高产杂交种；二要掌握好适宜套种时间；三要一播全苗；四要麦收后抢茬早管理。一般套种玉米田，在播种小麦时，要按玉米行距（67 cm 左右）留出 26～33 cm 的套种行。中低产麦田于麦收前 10～15 d套种，高产麦田于麦收前 7～10 d 套种，以尽量减少小麦对玉米的不良影响。二是对麦收后

夏直播的玉米，必须早字当头，力争早播，越早越好。

(四) 玉米田间管理

1. 查苗、补苗　玉米在播种及出苗过程中，常因漏播、落干、压苗以及地下害虫为害等造成缺苗。缺苗数量多，群体减小，则降低产量。因此，玉米出苗后应立即查苗、补苗。补苗应在三叶期以前进行，通常采用带土移苗补栽，以减少与相邻株的苗势差距。

2. 间苗、定苗　间苗即疏去密集的幼苗，使其分布均匀。定苗是按照种植密度确定的株距，选苗定株，剔除多余。掌握 1～2 片叶展开时间苗，2～3 片时定苗。套种玉米应适时间苗，略晚定苗，掌握 2 片叶展开时间苗，3～4 片叶时定苗。

3. 中耕、培土　苗期宜浅中耕，深度为 3～5 cm，勿壅土压苗。定苗至拔节期中耕行间要深，株间宜浅。套种玉米，麦收后应立即深中耕灭茬，拔节至小喇叭口期应深中耕一次，小喇叭口期以后，中耕宜浅，以保根蓄墒。

玉米适时培土既可促进气生根生长，提高根系活力，又可方便排水和灌溉，减轻草害。培土高度一般不超过 10 cm。培土时间在大喇叭口期，可结合追肥进行。

4. 追肥　原则上，磷、钾肥在追苗肥时全部施入。氮肥的追施大致可分为三类：高产田每公顷追标准氮肥 1 500～2 100 kg，分三次追施，苗期 30%，穗肥占 50%，粒肥 20%；中产田每公顷追标准氮肥 1 200～1 500 kg，苗肥 40%，穗肥占 60%；低产田每公顷追标准氮肥 600～1 200 kg，苗肥 60%，穗肥约占 40%左右。

追施采用沟施或穴施，化肥施用深度不浅于 5 cm，有机肥施用深度 10 cm 左右，施肥后覆土，以利提高肥效。穗肥追施时间以大喇叭口期为中心，叶龄指数 60%左右，因苗势确定。攻粒肥一般在雄穗开花期前后追施，以速效氮肥为主，注意肥水结合。

5. 浇水与排涝　玉米在苗期耐旱能力较强，一般不需浇水。但在苗弱、墒情不足，尤其是套种玉米因土壤板结、缺水时，麦收后应立即浇水，但要控制水量，切勿大水漫灌。

玉米穗期需水量大，此时干旱主要影响性器官的发育和开花授粉，使空秆率和秃顶度增加。根据高产玉米水分管理经验，玉米穗期阶段要灌好二次水。一次在大喇叭口期前后，正是追攻穗肥适期，应结合追肥进行浇水。第二次在抽雄期前后一般浇水量要大，但也要看天看地掌握适度。

玉米花粒期应浇好两次关键水：第一次在开花至子粒形成期，是促粒数的关键水；第二次在乳熟期，是增加粒重的关键水。灌浆过程中，如果田间积水，应及时排涝，以防涝害减产。

6. 防病、虫、草害　玉米苗期害虫主要有地老虎、粘虫、蚜虫、蓟马等，玉米穗期主要病虫害有大斑病、小斑病、茎腐病及玉米螟等，要及时防治病、虫、草害。

7. 完熟收获　按照玉米成熟标准，确定收获适期，是增加粒重、减少损失、提高产量和品质的重要生产环节。成熟的标志是以玉米植株正常成熟情况下，子粒乳线消失，黑层出现，苞叶干枯、松散，子粒达到完熟期，此时产量最高。目前的品种常有“假熟”现象，要注意把握成熟标准。

(五) 特用玉米栽培技术

随着社会的进步，人们对玉米生产的需求必然是多样化，具有特殊用途的专用玉米也必将有一个大发展。特用 (专用) 玉米包括很多，有糯玉米、甜玉米、爆裂玉米、笋玉米、高油玉米、优质蛋白玉米、高直链淀粉玉米、饲用玉米等。特用玉米与普通玉米相比，具有更高的经济价值，对满足人民生活需要有不可替代的作用。这些类型的玉米在生产的技术环节上与普通玉米有所不同，

一般均要求进行隔离以防串粉，如接受来自其他类型的花粉会影响品质。在收获时期上类型间存在差异，糯玉米作为鲜食用时，收获期春播玉米在授粉后30 d左右，夏播玉米在授粉后25 d左右。一般普甜玉米适宜采收期为授粉后18～22 d，超甜玉米为18～24 d，加强甜玉米为18～26 d，另外，适收期随各地气候条件的不同而有所变化，冷凉地区可适当晚收，高温干旱地区可适当早收。爆裂玉米成熟度不足时，胚乳充实度差，爆花率和膨胀倍数低，所以应在子粒充分成熟后收获。笋玉米则要求当花丝吐出1～2 cm长时，采摘果穗作笋玉米蔬菜或做笋玉米罐头。专用青贮玉米的适宜收获期通常在乳熟末期。生产中的要注意特用玉米特殊要求，把握好生产中的各个环节，才能获得优质高产。

第三节　水稻

一、概况

水稻是世界上播种面积和总产量仅次于小麦的重要作物。种植面积为1.50×10^8 hm^2，稻谷年总产量为$5\,670\times10^8$ kg，占谷物总产量的30.8%。全世界产稻国家（地区）有112个，分布于全球各大洲，但大多数分布在亚洲温暖、多雨的地区。亚洲种稻面积$13\,003\times10^4$ hm^2，占世界种稻面积的88.7%。非洲724×10^4 hm^2（占世界种稻总面积的4.9%），拉丁美洲为679×10^4 hm^2（占4.6%），美国和欧洲等其他地区为202×10^4 hm^2。

我国水稻种植面积为$3\,140\times10^4$ hm^2，占全世界水稻播种面积的20.9%，稻谷总产$1\,960\times10^8$ kg，占全世界总产的34.6%，居各国之首。我国水稻播种面积占粮食作物总播种面积的29.1%，稻谷总产量占粮食总产量的43.7%。水稻生产对我国人民生活和国民经济建设具有举足轻重的作用。

根据我国水稻种植区域的自然生态因素、农业技术和社会经济条件，我国的稻区划分为6个稻作区和16个稻作亚区（二级区）。

(1) 华南双季稻稻作区　占全国水田总面积的14.4%，双季稻占稻田面积的3/4之多，稻谷产量占全国稻谷总产的15.7%。

(2) 华中双单季稻稻作区　占全国水田总面积的66.5%，双季稻占稻田面积的40%，稻谷产量占全国稻谷总产的70.0%，是我国最主要的产稻区。

(3) 西南高原单双季稻稻作区　占全国水田总面积的10.0%，稻谷产量占全国稻谷总产的7.6%。

(4) 华北单季稻稻作区　占全国水田总面积的4.2%，稻谷产量占全国稻谷总产的3.4%，占本区粮食产量的6.7%。

(5) 东北早熟单季稻稻作区　占全国水田总面积的3.4%，稻谷产量占全国稻谷总产的2.9%，占本区粮食总产量的14.2%。

(6) 西北干燥区单季稻稻作区　占全国水田总面积的1.3%，占全国稻谷播种总面积的0.5%；稻谷产量占全国稻谷总产的0.5%，占本区粮食总产量的3.4%。

二、栽培稻的生物学特性

(一)“两性一期”的概念

栽培稻的发育特性是指稻株在营养生长向生殖生长的转变中所表现的对日照长短和温度需求的特性。一般情况下,短日照或高温可以促进稻株向生殖生长转变(开始穗分化),其促进程度因品种而存在很大差异,这称为感光性或感温性;在适宜的高温、短日照条件下,稻株需要经历一个最短的营养生长期才能开始穗分化,这一最短的营养生长期称为基本营养生长期(性),亦称短日高温(营养)生长期。上述三点,简称为水稻发育特性的“两性一期”。

(二)稻株的器官建成

1. 稻谷的萌动与幼苗生长　稻谷在吸水萌动后,胚突破外颖露出时呈白色,称为露白或破胸。破胸后,胚根突破胚根鞘,成为一条种子根,胚芽鞘露出谷壳后成为芽鞘。由芽鞘内抽出的第1个绿叶,是只存在叶鞘的不完全叶,而后抽出的叶,即为叶片、叶鞘俱全的完全叶,从完全叶起依次称为第1、2、3…叶,记为1/0、2/0、3/0…。在第1叶抽出期由芽鞘节上可长出5条不定根;第2叶抽出期一般没有节位发根;第3叶抽出期,不完全叶节发生不定根,出叶和发根相差3个节位,这种相关生长的关系一直保持至拔节期。

随着芽和幼苗的生长,胚乳不断被消耗,一般至第2叶完全抽出时,胚乳的残留率下降至8%以下,胚乳的养分基本耗尽,称为秧苗的离乳期。这时秧苗的根少,光合生产能力较弱,往往表现为体内糖亏缺,对不良环境的适应性较差,如遇逆境易发生僵苗或死苗。

2. 营养器官的生长

根　稻根有1条种子根和若干条不定根组成。种子根源于胚根;不定根源于分蘖节中的周边微管束环上不定根原基。一般当某节上的叶开始抽出时,同节上的根原基形成,根原基经2～3个出叶周期的分化生长,突破茎壁而出,称为发根。出叶和发根时间关系可表示为:N叶抽出≈N节根原基形成;拔节前,某叶抽出时,其下的第3节发根,可表示为N叶抽出≈($N-3$)节发根;拔节后,N叶抽出≈($N-4$)节发根。种子根和不定根均可发生多级分枝根,形成根系。稻根有向根际土壤分泌氧的能力,形成根际氧化圈。稻根的新生部位泌氧能力强,根际氧化圈较宽,随着根区的成熟与老化,其泌氧能力减弱,根际氧化圈变窄以至消失,高价铁的水合物膜贴于根表,根呈赤褐色;随着根的进一步衰老或土壤还原性增强,硫化铁附着根表或侵入根内,根呈黑色。

茎　稻茎由节和节间两部分组成。基部节间不明显伸长,节密集在一起,其上发生不定根和分蘖,称为分蘖节;上部的数个节间伸长,构成茎秆。叶和分蘖中的大微管束汇入茎节后,以特定的走向延伸和相互联络,以致各器官间的关系亲疏不一,n叶、($n-1$)分蘖和($n-2$)叶等3个器官间的微管束联系较密切,其间的营养供求关系也较密切。稻茎秆节间的伸长期与叶片抽出期的关系为n叶抽出与($n-1$)～($n-2$)节间伸长同步。穗的主要伸长期与倒3节间(穗下节为倒1节间)伸长期大体重迭。各节间在其伸长接近终止时开始物质充实,薄壁组织细胞内积累淀粉,机械组织细胞壁增厚,表皮组织硅质化,茎秆的干重在出穗后7 d左右达最重;其后因贮藏物质降解输向穗,而逐渐减轻,一般至出穗后20～25 d,茎秆干重达最低点。部分品种后期根、叶活力较强,茎秆刻有明显的第2次物质积累过程。

叶　我国栽培稻品种的主茎叶片数为11～19。同一叶的叶片先伸长、叶鞘后伸长；n叶伸长与（$n-1$）叶鞘同期深长。稻株各生育阶段均有一个生长中心，分蘖期是分蘖和叶；拔节长穗期，是茎秆和穗；结实期是子粒。稻株各叶的光合产物主要向其时的生长中心输送，当光合产物不足时，则先保证生长中心的需要。稻株的生长中心随生育期的进展而转移，功能叶也不断向高位推移。当其叶处于功能盛期时，它的活动情况对其生长中心器官的生长影响最大。因而各叶对稻株的器官建成和产量形成的作用就存在作用功能分工。这一规则是栽培调控技术的理论依据之一。

分蘖　稻株的每个节上都有一个腋芽，芽鞘节、不完全叶节和茎秆节上腋芽一般不萌发。分蘖节上的分蘖的发生和出叶遵循"叶、蘖同伸规则"进行：即，① 主茎的第4叶（4/0）抽出时第1分蘖的第1叶（1/1）同时抽出，依此类推，n叶抽出时（$n-3$）分蘖的第1叶同时抽出。② 分蘖的第1叶抽出后，其出叶速率大体与主（母）茎相同。③ 分蘖上再发生分蘖，其分蘖的出叶与母茎出叶的关系，也同于主茎与分蘖的关系。这一同伸规则是稻株器官建成的主要规则之一，也是分析产量形成的重要依据。

稻株主茎在拔节后运往分蘖的光合产物量就急剧减少，此时，不到3叶期的分蘖无自生根，也面积也较小，独立营养能力弱，往往就会因营养亏缺停滞而死亡，成为无效分蘖；4叶期或叶龄更大的分蘖，具有自生根系，也面积较大，已能独立营养，一般可以继续生长直至抽穗，成为有效分蘖；3叶期（2叶1心）的分蘖，在土壤状况良好，受光条件也好时，可成为有效分蘖，否则为无效分蘖。

3. 穗的分化形成与开花结实

穗的分化形成　稻穗为疏散的圆锥花序，由穗轴（主轴）、1次枝梗、2次枝梗、小穗梗和小穗组成。按丁颖等人（1959）的观察与分析，将稻穗分化过程划分为8个时期分别为：第1苞分化期、1次枝梗原基分化期、2次枝梗及颖花原基分化期、雌雄蕊形成期、花粉母细胞减数分裂期、花粉内容充实期和花粉粒完成期。稻穗分化的全过程约为30 d左右。

开花结实　颖花随穗轴抽出顶叶鞘的当天或次日，浆片吸水膨胀，推开外颖，两颖张开，即开花。一朵颖花由开始至关闭需1.5～3.0 h，一天开花的时间为8:00～15:00，温度高，开花早，温度低开花迟。一穗颖花的开花约需4～7 d。开花的同时，花药开裂，完成自花授粉，此后6 h左右完成双受精。开花时间的气温低于23 ℃或高于35 ℃，授粉或受精就会受到影响。

颖花开花后，胚约经10 d左右的细胞分裂和组织分化，其基本形态完成，开始具有发芽能力；胚乳约经8～15 d的细胞分裂，细胞不再增殖，而胚乳细胞中的淀粉和蛋白质的充实还将延续15～30 d。稻穗上早开花的强势粒灌浆快，迟开花的弱势粒灌浆慢，两者之差因品种而异，大体有两种类型：强、弱势粒灌浆速率高峰及其到达的时间差异大的，称为异步灌浆型，如籼型三系杂交稻南优3号；其差异小的，称为同步灌浆型，如多穗型常规粳稻盐粳2号。

（三）栽培稻的类型与主栽品种

现在全世界的栽培稻有两个种：普通栽培稻，亦称亚洲栽培稻（*Oryza sativa* L.）和非洲栽培稻（*Oryza glaberrima* Steud.）。普通栽培稻普遍栽培于世界各稻区，我国栽培的水稻均属于普通栽培稻；非洲栽培稻仅局限于西非部分地区有栽培，占稻作总面积的比例极小。丁颖（1957）根据水稻品种的形态与生理生态特征及古代有关文献记载将我国的栽培稻种分为籼亚种（*O. sativa* L. subsp. Hsin Ting）和粳亚种（*O. sativa* L. subsp. Keng Ting），这一划分法为我

国学者普遍接受与应用;并认为籼稻是由野生稻经人工驯化而演变成的栽培稻的基本型,粳稻则是从籼稻植株中在不同气候生态条件下(主要是温度)经人工选育而形成的变异型。

三、栽培技术

(一)育秧技术

育秧是我国稻作技术的主要组成部分之一。育秧移栽稻作方式有诸多优点:可经济利用土地和热量资源,节约用水;便于管理,有助于抵御自然灾害;易于保证大田种植的密度和规格;便于大田除草和田间管理。在我国,育秧移栽种稻距今至少有2 000年的历史,目前我国各大稻区广泛应用此种种稻方式。

1. 播期、秧龄和播量　育秧用的种谷要经晒种、选种、浸种(须用杀菌剂)和催芽剂等预处理。首先是播期的确定,我国除海南省南部可周年播种外,各地最早播期均受温度制约,一般将常年日均温稳定通过10 ℃、12 ℃的始日作为粳、籼稻露地育秧的最早播期。覆盖保护育秧的播期可较露地早10 d左右。在一年两熟或多熟的稻区,为了充分利用光热资源,在确定播期时,应考虑前茬的让茬和后茬接茬的可能与要求以及当地的安全齐穗期。一般将日均温降至20 ℃、22 ℃并取80%保证率的日期作为粳、籼稻的安全齐穗期。秧苗移栽的始龄,一般带土移栽的为3叶期,拔秧移栽的为5叶期;秧苗移栽的终龄为叶龄余数5～6,再推迟就不能保证稻株有必要的大田营养生长量。播量主要根据秧龄而定,为了保证形成壮秧所必须的营养,随秧龄的延长,播量须相应减小。一般在大田育秧的情况下6叶期移栽的秧苗,每平方米净秧田播量为45～75 g为宜,杂交稻减半。

2. 秧田培肥与秧板制作　良好的营养条件是培育壮秧的基础。秧田的选择应达到土壤肥沃、灌排方便、阳光充足,有条件应及早耕播晒垡,施足腐熟有机肥。秧田均应开沟作畦(秧板),畦宽不宜超1.5 m,表面还应施用氮、磷速效肥。秧板制作的方法很多,应因地因田而宜,总之要做到板面平整,土块细碎,用湿润育秧法的,板面要做到“平、光、烂”,落谷时半粒谷陷入泥中。

3. 秧田管理的基本原则　从高产的要求出发壮秧应有3个基本特征:秧龄适中,适应当地的生产和自然条件;移栽时秧苗基本保持叶蘖同伸关系;无病斑、虫害。

水稻的幼苗除具有一般的有氧呼吸途径外,还具有一个无氧呼吸途径,可在淹水缺氧的条件下为幼苗生长提供能量。在这样的情况下,能量利用率低下,胚乳物质转化(成新器官)的效率大幅度减低,依靠细胞分裂生长的根和新叶的生长受阻,难以立苗,抗逆力明显削弱。稻谷播后淹水,容易造成“烂秧”和难以育成壮秧。这为湿润育秧法提供了理论基础。所谓湿润育秧,亦称半旱秧,即是在落谷后至第2片完全叶抽出(一叶一心)时不建立新层,保持秧板湿润,促进幼苗扎根,一叶一心后开始浅水层灌溉,促进秧苗生长。从而使湿润育秧成为全国各稻区应用最广泛的培育壮秧技术。

塑料薄膜覆盖育秧、田间塑料盘育秧等育秧方法也遵循上述基本原则进行秧床水、肥管理。旱育秧是旱做秧床、用喷洒或泼浇的方式补水的育秧方法,因其秧苗的抗植伤力强,返青活棵快,近年来被大力推广。

(二)施肥

1. 稻田施肥量　一般每生产稻谷100 kg和相应的茎叶,吸收三要素的量为:氮(N)1.51～1.91 kg,磷(P_2O_5)0.81～1.02 kg,钾(K_2O)1.83～3.82 kg,三者的大体比例为2∶1∶3。单产

10 500 kg·hm^{-2}以至更高的情况下,由于收获时茎叶内的三要素存留率偏高,每产 100 kg 稻谷三要素的吸收量偏高些。我国稻田施用化肥当季利用率的幅度:氮肥为 33%～38%、磷肥为 8%～20%、钾肥为 40%～60%。豆科绿肥当季利用率 25%,厩肥与堆肥约 17%。据此大体估算出不同目标产量水平的施肥量。

2. 高产施肥运筹　我国稻田的肥料运筹近几十年来因生产条件变化,品种特性不同和产量目标不同,而有不同的模式,以下介绍几种最主要的模式:

"前重、早促"法　又称"一轰头"或"重底早促"施肥法。特点是重施基肥,早施促蘖肥,而后少量补肥,以争穗数为主攻目标,在 20 世纪 60—70 年代南方双季稻区广泛应用。

"前促、中控、后保"法　也注重生育前期肥料的施用,基肥与促蘖肥用量大,但强调拔节前后限制氮素吸收和保花肥的施用。这一方法特别适用于籼型三系杂交稻等大穗型品种,自 20 世纪 70 年代后期起,逐渐成为许多稻区高产栽培的主流施肥方法。

"重肥平衡促进"法　其特点是总施氮量较大,较上一方法增加了穗分化始期前后施用的"促花肥",中后期施氮量增加,基肥加分蘖肥,与穗肥加粒肥的施氮比约为 6∶4。这一施肥方法适用于新近育成的高产强秆品种。近年来在不少单产 10 500～12 000 kg·hm^{-2}的超高产栽培中常用此方法。

(三) 灌溉

我国形成了多种适应不同条件的灌溉形式,其中最主要的有 4 种类型:

浅水层、湿润和晒田相结合的灌溉型　浅水插秧、薄水分蘖、够苗(总茎蘖数达到预期穗数)晒田、深水孕穗、齐穗后间歇湿润灌溉、成熟前 7 d 左右断水,或在返青、孕穗、出穗等重点生育期保持水层,其余时期间歇灌溉,保持土壤湿润,并结合够苗晒田。这一灌溉型适用于灌排条件较好,生产水平较高的稻区,是目前应用最广泛的一种灌溉形式。

长期水层与晒田相结合的灌溉型　全生育期长期保持水层为主,根据生态、生理需水的要求,进行一次或二三次晒田。在北方稻区的孕穗期如有受冷害的可能则灌深水防寒,这也是很常见的灌水型式。

长期水层灌溉型　全生育期田面保持水层,深浅可有变化。多用于水源不足、水利条件较差的丘陵、山区,实行长期保持水层,深蓄浅灌,有利拦蓄降水,提高降水的利用率和增强防旱抗旱能力;在土壤盐碱含量较高的稻田,长期保持田面水层,增加水分下渗量,可降低耕层土壤的盐(碱)浓度,防止返盐,确保稳产高产。

干干湿湿灌溉型　地势低洼、地下水位高的稻田,土壤水分长期处于饱和状态,还原性强,应用间歇灌水的干干湿湿灌溉法,并配合开挖截渗沟、排水明沟和埋设排水暗管或开掘暗洞等排水,提高土壤氧化还原电位,改善稻田土壤环境。

第四节　甘薯

一、概况

甘薯(红薯、地瓜、红苕、番薯、山芋、白薯等),学名:*Ipomoea batatas* Lam.;英文名:sweet

potato，是我国的主要杂粮之一，也是重要的工业原料和饲料作物。我国甘薯栽培面积稳定在 600×10^4 hm^2 以上，仅次于水稻、小麦、玉米、大豆，居第五位。鲜薯平均单产 17 985 $kg\cdot hm^{-2}$ 仅次于日本甘薯。具有适应性广，高产稳产、抗旱耐瘠和抗风、雹的特性。目前全国生产的甘薯约有 10%为人们食用、30%作为饲料、55%作为发展工业的原料，约有 5%留种。

甘薯的薯块中含淀粉约 20%、糖分 3%、蛋白质 2.3%、脂肪 0.2%。还含有大量的无机盐和维生素等。一般来说，在各作物中，甘薯是单位土地面积上产热量最高的。甘薯茎叶中含粗蛋白 17.1%，粗脂肪 3.9%，无氮抽出物 33.4%，粗灰分 8.9%。它与块根都是营养价值高、应用很普通的重要饲料。甘薯的薯块、茎叶或加工后的副产品(粉渣、糖渣、酒糟等)，通过青贮或加工成混合饲料及发酵饲料，不但营养价值提高，而且可延长畜、禽饲料供应期。因此在安排粮食作物时，因地制宜发展甘薯生产，对促进畜牧业的发展具有重要意义。

二、生物学特性

(一) 甘薯块根的发芽出苗

1. 块根发芽出苗的习性　薯芽是由块根的不定芽原基萌发出来的，在较好的育苗条件下不定芽原基萌发率达 50%左右。薯块萌芽的多少及快慢与在块根上的部位、品种及环境条件有关。在同一块根上上部萌芽多而快、中部次之、下部最差。不同的品种，一般薯皮薄的品种发芽出苗较快，根眼数目多的品种发芽出苗较多。不同贮藏条件对萌芽也有较大影响。夏甘薯比春甘薯生命力强，出苗多而快，苗壮病害少。因此，应强调建立采苗圃剪蔓头栽夏甘薯留种。

2. 块根发芽出苗的外界条件　温度是影响薯块萌芽出苗的主导因素。薯块在 16～35 ℃的范围内，随温度升高萌芽出苗愈快且多。苗床水分多少将会影响出苗多少、秧苗壮弱和病害轻重。以保持床土湿度为最大持水量的 70%～80%为宜。在育苗过程中宜适当施用含氮肥料，配合施用磷、钾肥料。育苗时常通过盖与晒来调节光强和光照时间，以利于培育壮苗。薯块发芽和根系生长都需要充足的氧气，如果氧气不足，会影响呼吸，则发芽慢甚至不发芽 如果长期缺氧，种薯发生缺氧呼吸，造成酒精中毒，引起烂床。

(二) 甘薯的生长时期

甘薯是蔓生草本植物，在热带或亚热带地区能终年生长，为多年生植物。但在温带地区，遇霜冻死亡，为 1 年生植物。根据甘薯生长的特点及其与环境条件的关系，大体可划分为 3 个生长时期。

1. 生长前期　从栽插到茎叶封垄为前期，亦称发根分枝结薯期。北方春薯历时 60～70 d 左右。这时期以根系生长为中心，一般春薯栽后 30 d，夏秋薯栽后 20 d，根系生长基本完成。之后开始生长分枝并形成块根，到末期结薯数基本稳定。

2. 生长中期　从茎叶封垄到茎叶生长量达高峰为生长中期，亦称茎叶盛长块根相应膨大期。春甘薯的生长中期，大约栽后 70～110 d，夏薯约栽后 40～70 d，秋薯约栽后 35～70 d。

3. 生长后期　从茎叶开始衰退、块根迅速膨大直到收获期，亦称回秧期。是以膨大块根为主的时期。

(三) 甘薯根茎叶的特征与生长

1. 根的分类与特征　由薯苗或茎蔓生长的根均称不定根。甘薯不定根生长早期，其形态和

内部结构与一般双子叶植物相比较均无明显的差异，但是春甘薯约栽后20～30 d，夏甘薯栽后10～20 d，其内部结构即发生明显的变化，在外界条件的作用下，形成不同类型的薯根。根据不定根的发育情况可分为纤维根、梗根和块根3种类型。

纤维根　又称吸收根，其重要功能是吸收水分和养分。

梗根　又称柴根或牛蒡根，它徒耗养分、水分，无经济价值，栽培上忌生梗根。

块根　又称贮藏根，是由所处的条件好、分化发育早的不定根膨大形成的，多生长在5～25 cm的土层内。块根的形状因品种和栽培条件而异，有圆形、圆筒形、纺锤形、球形和不规则形等。皮色有紫、粉红、黄、黄白、白等。块根肉色也因品种而异，有桔黄、桔红、黄白、白等，个别品种带紫晕。肉色深的（桔红和桔黄）含胡萝卜素较多。

2. 块根的形成与膨大　初生形成层的活动与块根形成　大约在栽后10 d左右，在原生质部和初生韧皮部之间出现初生形成层，并进行细胞分裂。初生形成层向外分裂的薄壁组织细胞分化为次生韧皮部，向内分裂的薄壁细胞分化为次生木质部。由于次生木质部增加较快，迫使初生形成层发展成一个形成层圈。随着初生形成层分裂出薄壁细胞数量的不断增多，幼根不断加粗形成块根。甘薯栽秧后10～25 d为初生形成层活动时期。

初生形成层的活动强弱和中柱薄壁细胞的木质化程度大小共同决定甘薯幼根发展的方向：幼根的初生形成层活动力强、中柱细胞木质化程度小，才能形成快根；初生形成层活动力弱、中柱细胞木质化程度大，只能形成纤维根；初生形成层活动力虽强，但中柱细胞木质化程度大，便形成梗根。

次生形成层的活动与块根膨大　甘薯栽后20 d左右出现次生形成层。次生形成层的分布、排列没有一定的位置、且活动范围大，产生大量的薄壁细胞，并积累淀粉，致使块根迅速膨大。

甘薯幼苗的初生形成层活动力的强弱和中柱细胞木质化程度决定块根能否形成，次生形成层活动力的强弱和分布范围大小则是决定块根膨大的动力，两者缺一都达不到丰产的目的。

3. 茎叶生长与块根膨大的关系　甘薯茎叶生长与块根膨大之间的关系，是研究高产栽培的核心问题。茎叶生长与块根膨大之间的关系可以用茎叶鲜重与块根鲜重的比值（*T*/*R*比值）来表示。*T*/*R*比值越大，表明甘薯同化产物分配于茎叶越多，反之，*T*/*R*比值越小，则同化产物分配于块根的越多。一般生长前、中期 *T*/*R*比值大，生长后期 *T*/*R*比值小。

纵观各种类型的甘薯田块，其地上部与地下部之间的关系表现有以下几种不同的情况：① 茎叶生长不良，块根产量低。② 茎叶生长过旺，块根产量不高。收获时 *T*/*R*比值多在1以上。③ 茎叶生长旺盛健壮，块根产量高。收获时 *T*/*R*比值春薯在0.4～0.5、夏薯在0.6左右。

三、栽培技术

（一）育苗技术

甘薯属于短日照作物，在23°N以南才能开花结实。因其属于异花授粉作物，用种子繁殖的后代群体分离现象严重，产量较低，故有性繁殖方法只在杂交育种中应用。甘薯以营养器官繁殖，其遗传性状稳定，能保持原有品种的特性。常用的无性繁殖方法有种薯直播繁殖、茎蔓繁殖和种薯育苗移栽等。

育苗的技术环节：

(1) 选择适宜的苗床形式。根据其热源不同可分为3类:① 人工加热。其特点是,便于调节温度,甘薯出苗快而多,病害轻,但是需要一定的能源,采用人工加热的典型苗床形式有改良回龙火炕。② 生物热源。利用发酵微生物分解纤维素释放热能的酿热温床,如酿热温床覆盖塑料薄膜,其特点是,育苗前期温度较高,后期温度较低,采苗数量虽比火炕少,但比较经济,易于管理。③ 太阳辐射热源。覆盖塑料薄膜利用太阳辐射热的保温苗床或露地冷床育苗,如冷床覆盖塑料薄膜、采苗圃等,其特点是不便调节温度,出苗慢而且少,但薯苗粗壮。

(2) 种薯处理和排放种薯。选择无病、无伤害、无冷害和涝害的种薯,用50%的多菌灵800倍液或50%的托布津500倍液,浸种10 min,以防黑斑病。适时育苗是保证育足适龄壮秧、适时早栽、合理密植的重要一环。一般春季气温稳定在7～8 ℃时,春甘薯即可开始育苗。排种密度应适当稀些,用斜排法种薯头尾相压约1/4,薯种要顶部向上,做到上平下不平,以利出苗多而且整齐。种薯上床后30 d即可开始采苗移栽。

(3) 加强苗床管理。应根据不同的育苗形式进行管理,火炕或者温床的管理一般掌握前期以催为主,中期催炼结合,后期以炼为主的原则。

(二) 大田栽培技术

1. 深耕改土、起垄栽培　甘薯喜欢土层深厚和土壤疏松。耕翻深度一般以30～35 cm为宜,深耕结合施用有机肥效果较好。沙土压黏土可以增强抗旱性并增加土壤养分;黏土压沙土可增加土壤的通气性,提高土壤温度,有利于养分释放,增产显著。

起垄栽培的好处是加厚深松土层,接受日光的面积大,能提高地温、加大昼夜温差,有利于排水,土壤通气性好。应在土壤适墒时起垄,垄向南北,起垄后垄面要拉平磨实,以利保墒。夏薯的茎蔓较短,起垄规格大致为65 cm×23 cm(宽×高),春薯的茎蔓较长,起垄规格大致为75 cm×30 cm(宽×高)。但在排水不良的田地,可采用大垄栽双行的方法,起垄规格为120 cm×50 cm(宽×高),垄顶宽40 cm,以利排水防涝。

2. 施肥　甘薯施肥应掌握以农家肥为主,化肥为辅;基肥为主,追肥为辅的原则。基肥的施用量按产量指标而定。如单产鲜薯 6×10^4～7.5×10^4 $kg\cdot hm^{-2}$,需施土杂肥 11.25×10^4～15.0×10^4 $kg\cdot hm^{-2}$。基肥的种类,高产田宜用土杂肥、炕洞土、草木灰等含氮较少的肥料,以防止茎叶徒长;旱薄地,茎叶生长不良,宜用猪圈肥、人粪尿等含氮较多的肥料。基肥的施用方法,肥料多时,采用深层施肥与分层施肥相结合;肥料少时,要集中施在垄底。

甘薯追肥应根据土壤肥力、基肥用量、甘薯生长期和生长情况而定。土壤肥力低、基肥用量少时应及早追肥,栽苗时每公顷窝施45～60 kg磷酸二铵;在其生长前期于垄半坡开沟追施标准氮肥150～225 kg。中后期追肥,主要采用根外追肥,长势正常者,喷施0.2%的磷酸二氢钾,长势弱者,喷施0.5%的尿素溶液。根外追肥以傍晚进行为好。

3. 灌溉与排水　甘薯是既需水又怕渍的块根作物。华北地区甘薯生长的前期和后期,天气干旱,灌水可显著增产。甘薯灌水多采用沟灌,水量不过半沟为宜,以防止土壤板结,影响薯块生长。排水防涝也是增产甘薯的有效措施,在平原地,应结合起垄,搞好排水系统,做到三沟或四沟配套,以降低地下水位和排除田间积水。三沟即垄沟、腰沟和地头沟;四沟即垄沟、排水沟、腰沟、地头沟。

4. 栽秧　甘薯栽秧的基本要求是适时早栽,合理密植,保证全苗。

春甘薯在5～10 cm地温稳定在16 ℃以上时即可栽秧;夏甘薯应力争早栽;秋甘薯也应力争

早栽，最迟在立秋前后插好。

甘薯栽插应选无病壮苗，剔除病苗、弱苗。栽秧前用50%托布津1 000倍液浸苗10 min，可防治身苗黑斑病；用50%辛硫磷100倍液浸苗10 min，对防治茎线虫病有较好的效果。甘薯栽秧深度一般以7～8 cm为宜；封窝后，顶芽露出地面的高度约3～4 cm。

5. 田间管理

前期管理　田间管理的主攻方向是保全苗，促茎叶早发，早分枝，早结薯。甘薯栽秧3～4 d后及时查苗立即补栽，补栽的苗要浇足水，并窝施少量氮素化肥。秧苗成活后，即可开始锄地，封垄后停止锄地。地膜覆盖栽培，约可提早春甘薯封垄期半个月左右，块根膨大高峰可提早10 d左右，能大幅度提高产量，是甘薯高产栽培中一项经济有效措施。早追适量的速效氮肥，可促使地上部迅速发展，提早结薯。另外在甘薯生长前期要注意防治地下害虫。

中期管理　该期田间管理的主攻方向，高产田以控为主，即控制茎叶徒长，促进块根膨大；一般田既要促茎叶生长，又要促块根膨大。田间管理的主要措施是：排水防涝；防治食叶害虫，此时常发生斜纹夜蛾、甘薯天蛾等，可喷2.5%敌百虫粉，也可用80%敌敌畏乳剂1 000倍液750 $kg\cdot hm^{-2}$喷雾；改雨后翻蔓为提蔓；高产田控制茎叶徒长，据试验每公顷喷施50 $mg\cdot L^{-1}$的多效唑溶液750 kg能有效地控制茎叶旺长，促进有机物向块根运转。

后期管理　此期田间管理的主攻方向是防止茎叶早衰，促使块根迅速膨大。主要措施有：根外追肥，叶片落黄较快者，以氮肥为主，地上部生长较旺者以磷钾肥为主；我国北方8月份以后常干旱少雨，遇旱时适当浇小水。

6. 收获　甘薯块根是无性繁殖器官，在适宜的温度条件下，薯块能持续膨大。所以，收获越早产量越低。过晚收获，块根常受冷害，不耐贮藏，而且因淀粉转化为糖，切干率降低。

当5～10 cm地温在18 ℃左右时，块根增重很少，地温在15 ℃时薯块停止膨大。因此，要在地温18 ℃左右时开始收获。地温在12 ℃时收获完毕。华北一般在10月上旬开始收获，辽宁省在9月下旬开始收获。因破皮受伤的薯块贮藏时容易发生烂窖。收获时，要轻刨、轻装、轻运、轻放，尽量减少搬运次数，严防破皮受伤。

第五节　大豆

一、生产概况

大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)含有丰富的蛋白质和脂肪，蛋白质质量分数约为40%，为所有粮食作物中含量最高的一种作物，较小麦、玉米、水稻等高2～4倍。大豆种子含脂肪也很丰富，约占20%。大豆脂肪中不饱和酸占80.8%。大豆脂肪含不饱和酸多，主要成分是油酸和亚油酸，所以大豆脂肪干燥度甚高。大豆还含有丰富的矿物质和维生素，大豆在工业和医药上用途也很广泛，可以制成四百多种产品。工业上生产喷漆、飞机上的滑润油、翻砂模板的滋润油、人造汽油、人造橡胶、胶合板胶、人造毛、塑料、杀虫剂、味精、防腐剂等。医药上可制成卵磷脂、激素、维生素、蛋白质等。大豆的子粒及副产品都含有丰富的营养物质，因而是家畜的优质饲料之一。

世界上一致认为大豆原产于中国。世界各国栽培的大豆,差不多都是从我国直接或间接引去的。目前,主要大豆生产国有美国、巴西、阿根廷和中国。我国大豆种植分布很广,根据自然条件和耕作制度我国大豆产区可分为北方春大豆区、黄淮流域夏大豆区、长江流域春夏大豆区、东南春夏秋大豆区和华南四季大豆区。山东省种植大豆主要为夏播,春播面积很小。品种类型以黄大豆为主。主要分布在菏泽、惠民、济宁、潍坊、临沂等5个市。

大豆根属于直根系,由主根、侧根和根毛三部分组成。大豆根系分泌物常常引诱周围根瘤菌大量群集,在根瘤菌分泌物质刺激下,内皮层细胞强烈分裂,形成根瘤。根瘤菌初侵入根部时,与植株是寄生关系,以后逐渐转变为共生关系。植株供给根瘤菌糖类,根瘤菌供给植株氮素。大豆的茎包括主茎和分枝。主茎一般具有12～20节,但也有多至25节以上者,有的早熟品种仅有8～9节。大豆幼茎有绿色和紫色两种,绿茎开白花,紫茎开紫花。植株成熟时,茎呈现出品种固有颜色,有淡褐、褐、深褐、黑、淡紫等色。大豆属于双子叶植物。叶片有子叶、单叶、复叶和先出叶之分。大豆花序着生在叶腋间或茎的顶端,为总状花序。大豆果实为荚果,由胚珠受精后的子房发育而成。大豆植株的结荚习性,一般根据开花顺序、开花时间、花荚分布及着生状态、茎生长及植株形状等特征特性,分为无限结荚习性、有限结荚习性和亚有限结荚习性三种类型。无限结荚习性品种的花簇轴很短,主茎和分枝的顶端无明显的花簇,顶端生长点无限性生长。有限结荚习性品种花簇轴长,开花后不久,主茎和分枝的顶端形成一个大花簇后即停止生长。亚有限结荚习性介于上述两者之间而偏于无限结荚习性。大豆生长发育过程划分为6个时期:① 萌发期,自种子萌发到幼苗出土。② 幼苗期,自幼苗出土到花芽开始分化。③ 花芽分化期,自花芽开始分化到始花。④ 开花期,自开花始到开花终。⑤ 结荚鼓粒期,自终花到黄叶。⑥ 成熟期。前3个时期主要是营养生长期,第四个时期是营养生长和生殖生长并进期,后两个时期是生殖生长期。

二、夏大豆栽培技术

(一) 合理轮作,精细整地

大豆茬有“油茬”、“肥茬”之称,是轮作中的好茬口。这是因为大豆能够固定空气中的氮素,土壤中氮素消耗相对较少,大豆残枝落叶留在地里有培肥地力的作用。夏大豆产区重茬大豆不多,迎茬大豆相当普遍。迎茬大豆一般病虫害较重,减产明显。山东省大豆轮作以一年二熟为主,主要分布在水肥条件较好,精耕细作地区,主要轮作作物有冬小麦、夏玉米、夏谷、夏甘薯等。

(二) 夏大豆播种保苗技术

抢时早播,“麦茬无早豆”,早播一般增产10%～30%,夏大豆产量随着播种期的推迟而递减。山东省夏大豆一般在6月中旬播种。采用适宜的播种方式,黄淮流域夏大豆地区广泛使用耧播,一般在小麦收获后,土壤水分充足时,用耧条播,将开沟、播种、覆土3个环节结合在一起,有利于抢时抢墒。大豆机械条播已由单一条播逐步发展到精量点播。机械条播有利于抢时抢墒播种。但机播对整地质量要求较高,否则不能保证播种质量。人工点播在质地疏松的沙性较重的土壤条件下经常采用,特别是套种时应用此法更多。播种量适宜,一般每公顷播45～60 kg,播种覆土深浅对播种质量影响较大,一般以3～5 cm为宜,在土壤疏松条件下,播种可深些,反之要浅些,土壤墒情好的宜浅,反之应适当加深。

夏大豆播种以后要及时检查,发现漏种、虫害和缺苗,要及时补种或翻种。间苗之前,应先进

行移苗补栽。夏大豆间苗的时间以第一复叶出现时为宜，二片复叶期进行一次定苗。间苗方法，一般都是人工间苗，剔除过密的苗、病苗、弱苗、小苗。还可根据幼茎的颜色去掉杂苗，保留壮苗。

（三）合理密植

目前生产上存在的主要问题是密度偏大和株距大小不匀，一般以39 cm等行距为最佳。如果采用大小行，以39 cm大行，26～33 cm小行为宜。穴播易掌握密度，对大豆生长有利。中等肥力，适期播种，极早熟或早熟品种每公顷以 30×10^4 株左右，中熟品种留苗 24×10^4～27×10^4 株，晚熟品种留苗 18×10^4～24×10^4 株，易于形成合理群体结构，叶面积系数适宜，光能得到充分利用，产量较高。但分枝能力差或独秆品种必须加大密度。高产田应适当降低种植密度，单产超过4 500 kg的地块可降到 12×10^4～15×10^4 株。

（四）施肥技术

夏大豆播种时间紧迫，大多数地区很少施用基肥，如果劳力充足或机械化水平高，并具有灌溉条件的地区，一般每公顷施有机肥 1.5×10^4～4.5×10^4 kg，或再加施过磷酸钙300～450 kg，将肥撒施于地表，然后进行浅耕或圆盘耙耙地后播种。种肥可供给大豆幼苗生长期所需养料，在不施用基肥或施肥不足的情况下，施用效果更明显。种肥多是优质有机肥和速效氮、磷、钾肥，有机肥每公顷用量1 500～3 000 kg，其中速效肥的种类及用量根据土壤肥力决定。一般每公顷施尿素48 kg，过磷酸钙187.5 kg。

（五）灌溉排水技术

夏大豆播种出苗期，在黄淮地区正值高温、干旱、蒸发量大的时期。因此，播种时必须有良好的墒情。据此，小麦收获前宜浇麦黄水，或麦收后立即浇水，造足墒，力争早播，一播全苗。在造墒播种的基础上，苗期一般不应再灌溉。分枝期既要促进幼苗健壮生长，水分又不宜过多，当土壤含水量降至田间持水量的70%以下时宜灌小水。大豆进入结荚后期鼓粒初期需水达到高峰，尔后需水量有所下降，但对水分的反应却更为敏感。土壤含水量降至田间持水量的80%（鼓粒前期）、70%（鼓粒中期）和65%（鼓粒后期）以下时，必须灌溉。

（六）中耕与培土

夏大豆苗期锄地宜早不宜迟。生育期间一般锄地2～3次。第一次锄地可在苗高6～10 cm时及早进行。第二次应在苗高16～18 cm时进行。第三次锄地要在开花前结束。第一、二次锄地目的在于中耕松土和除掉田间杂草。第三次锄地则是在中耕除草的同时进行培土。有灌溉习惯的地区，每次灌水之后，也要立即进行锄地，以防土壤板结和水分蒸发。大豆田常用的除草剂主要有氟乐灵、利谷隆、拉索等。

（七）生长调节剂的应用

生长调节剂是一种促进或抑制生长发育，协调各器官平衡的生长激素。2,3,5－三碘苯甲酸可抑制夏大豆生长发育，在植株有徒长趋势时施用，一般可增产5%～15%。目前应用的是三碘苯甲酸粉剂，每公顷可用纯品45～75 g，加酒精1 500 mL充分溶解，再加水525～750 kg。施用时要求喷洒均匀，如喷洒后半天内遇降雨，天晴后需重喷一次。一般初花期喷洒比较稳定。矮壮素（2－氯乙基三甲基氯化铵）能抑制大豆徒长，防止倒伏。对增强抗病、抗旱、抗涝能力有一定作用。矮壮素拌种简便易行，效果好，拌种浓度以10%为好。在花期喷洒，适宜浓度为0.125%～0.25%，超过0.25%就有危害。增产灵化学名称为4－碘苯氧乙酸，能防止花荚脱落、增荚、增粒、增重。一般增产3%～5%。增产灵的喷施时间以盛花期和结荚期为好。喷施两次，每隔7～

10天喷一次。喷施浓度为10～30 mg/kg,每公顷用药液750～1 050 kg,如喷后6 h内降雨,还需补喷。

（八）收获和贮藏

大豆人工收获应在黄熟末期进行,此时植株已全部成黄褐色,子粒逐渐归圆,子粒和荚皮开始脱离,变为固有颜色。机械收获应在完熟期进行,此时,除个别品种外,豆叶全部脱落,茎荚和子粒均呈品种的固有色泽,子粒含水量约在20%～25%左右。此时收获虽对脱粒和贮藏造成许多有利条件,但由于成熟过度,炸荚严重,损失浪费较大。山东省大豆适宜收获可在9月下旬至10月上旬,叶落株黄,摇株荚响时进行。大豆子粒贮藏前必须充分晾晒,使含水量降至规定含水量12%以下时再入仓贮藏。

第六节　棉花

一、生产概况

棉花(*Gossypium* L)是世界性的重要经济作物,是惟一由种子生产纤维的农作物。棉纤维是纺织工业的重要原料。棉子仁富含油脂和蛋白质,可用于榨油和饲料。棉子壳是生产食用菌的天然培养基,经加工可生产出糠醛、丙酮、酒精、甘油、植物激素等十多种有用产品。棉秆可制造火药、纤维板、装饰板、贴面板、牛皮箱板纸。棉酚是一种多酚化合物,游离的棉酚对人体和单胃动物有毒,但在医药和化工方面有重要用途。

据国际棉花咨询委员会的Cotton World Statistics 1998统计,全世界共有150多个国家植棉,主要集中在亚洲和美洲,5个产棉大国占全世界总产量的70.9%,其中中国占23.4%,美国占19.4%,印度占12.4%,巴基斯坦占8.5%,乌兹别克斯坦占7.2%。

目前,全国除西藏、青海、内蒙古和黑龙江等省、自治区外,都有棉花栽培。新疆、山东、河南、江苏、河北、湖北、安徽七省区是我国的主要产棉省,植棉面积和产量约占全国的85%左右。根据我国宜棉区域的不同生态条件和棉花生产特点,将全国棉区由南向北、自东向西依次划分为五大棉区,即华南棉区、长江流域棉区、黄河流域棉区、北部特早熟棉区和西北内陆棉区。通常将前2个称为南方棉区,后3个称为北方棉区。在我国五个棉区中,棉田面积主要集中在长江流域、黄河流域和西北内陆三个棉区。

棉花在植物分类学上属被子植物,锦葵科棉属(*Gossypium*)。棉属植物多为一年生亚灌木、多年生灌木或小乔木。根据Fryxell(1992)的最新分类,棉属分为4个亚属、50个种。其中有草棉(*G. herbaceum*)、亚洲棉(*G. arboreum*)、陆地棉(*G. hirsutum*)和海岛棉(*G. barbadense*)4个栽培种。草棉原产于非洲南部,是非洲大陆栽培和传播比较早的棉种,又称为非洲棉。亚洲棉原产于印度大陆,由于它在亚洲最早栽培和传播,故称为亚洲棉(俗称粗绒棉)。二者均为二倍体,又被称为旧世界棉。陆地棉原产于中美洲墨西哥的高地及加勒比海地区。目前棉花生产上所栽培的品种绝大多数属陆地棉(又称细绒棉)。海岛棉原产于南美洲、中美洲、加勒比海群岛和加拉帕戈斯群岛,由于其纤维长,又称为长绒棉。二者均为四倍体,又被称为新世界棉。当前世界上

栽培的棉花98%以上是陆地棉和海岛棉。

棉花从播种到枯霜停止生长，中熟陆地棉品种约需210 d左右。主要经历以下几个物候期：出苗期、现蕾期、开花期及吐絮期。棉花根系属直根系，由胚根分化形成主根，在主根上分生各级侧根，在小侧根上着生许多根毛。棉花主茎是由种子胚芽发育而来，胚芽分生组织经过增殖、分化和生长逐渐形成主茎，并在主茎上产生侧生器官叶和腋芽，再由腋芽发育形成果枝和叶枝。棉叶可分子叶、先出叶和真叶三类。真叶又可分为主茎叶和果枝叶。棉花的生殖器官开花前称为蕾，开花后称为棉铃，俗称棉桃。一般陆地棉品种从开花至吐絮的铃期为50～60 d。棉花的经济产量是指子棉或皮棉产量。棉花的经济系数，以子棉计为0.35～0.40，高产棉田可达0.55左右；以皮棉计为0.13～0.16。在提高生物产量的基础上，努力提高经济系数，即可提高经济产量。皮棉的产量构成因素为：皮棉（kg/hm²）＝单位面积总铃数（个/hm²）× 平均单铃重（g）×衣分（%）/1 000

二、栽培技术

（一）播种保苗技术

棉花播种保苗是确保高产的第一个环节。播种保苗环节的栽培主攻方向是实现"五苗"，即早、全、齐、匀、壮。"早"就是适期早播种、早出苗；"全"就是不缺苗断垄，保证计划密度；"齐"就是棉籽萌发出苗整齐一致；"匀"就是棉苗分布均匀一致；"壮"就是棉苗生长稳健，根系生长迅速，最终实现棉花早现蕾开花、早结铃吐絮。

1. 播前准备

（1）精细整地　我国北方一熟棉区，既可以秋、冬耕，也可以春耕。一般认为秋、冬耕比春耕效果好，因为秋、冬耕的土壤风化时间长，也有利于接纳雨雪；经过冬季的冻融，有利于杀死土壤中的病菌及虫卵、蛹，减轻病虫害的发生。

（2）种子准备　在选用优良品种的基础上，做好播前种子准备工作，是提高种子质量、防止烂籽、提高田间出苗率、减轻苗期病虫害、争取实现"五苗"的重要措施。

① 精选种子　选留种子应在上年收花时摘取代表品种特性的棉株中部，靠近主茎、吐絮好、无病虫害的霜前花棉籽作种。可结合播前硫酸脱绒、浸种等方法进行，以剔除毛籽、白籽、绿籽、瘪籽、破籽、虫籽等。

② 晒种　播前半个月进行，晒种可促进种子后熟，提高发芽率，消灭种子表面的部分病菌，减轻苗期病害。

③ 种子处理　播前种子处理具有消毒杀菌和促进发芽出苗等作用。目前生产上常用的种子处理方法有浸种、硫酸脱绒、种衣剂包衣、药剂拌种等。

2. 播种

（1）适宜播种期　播种期是决定一播全苗的重要环节。温度是决定播期的重要依据。棉籽萌发的最低温度是10.5～12 ℃，12～14 ℃胚根维管束开始分化，下胚轴伸长需要16 ℃以上，故以5 cm地温稳定在14 ℃时为播种适期。除考虑温度条件外，终霜期、耕作制度、墒情、栽培技术及品种特性也是决定播期的重要因素。从终霜期考虑，掌握"冷尾暖头"抢时播种，或终霜前播种，终霜后出苗。墒情也是影响播期的很重要因素，若墒情过差，宁可推迟播期，也要千方百计先

行造墒润墒，而后播种。在适宜播期范围内，肥水条件好的高产田、选用后发性强的品种，宜适期早播；肥水条件差的棉田或盐碱地、选用生育期短的品种，宜适当晚播。

(2) 播种技术　① 播种量。应以播种方式、发芽率高低、留苗密度及土壤状况而定。我国在目前生产条件下，条播一般每亩播种子数是留苗密度的8倍。点播每穴3～5粒种子，脱绒包衣的种子可减少到2～3粒。② 播种深度。应根据土质和墒情而定。北方棉区春季多风少雨，播深以3～4 cm为宜，南方棉区雨水较多，播深有“深不过寸，浅不露籽”的经验。墒情好、质地粘重的土壤播深宜浅；墒情差，质地偏沙的土壤宜适当深播。③ 抗旱播种。北方棉农在长期生产实践中，积累了丰富的抗旱播种经验，对缺乏水源，无造墒条件的棉田，可进行起干种湿、借墒播种和水种包包等。

3. 保苗技术

(1) 查苗、补种、移栽　播种后要及时检查，发现漏播、露籽，要立即补种、覆土。棉花显行后，如发现缺苗、断垄，应及时进行催芽补种或芽苗移栽。芽苗移栽就地取苗，取密补稀，简便易行，成活率高。两片子叶平展后，则应采取带土移栽，移栽时，土台要大，不能散台，适量浇水，避免棉苗周围出现土壤板结，为保证棉苗生长均匀一致，要求播种时，于播种行间播种一定数量的预备苗。

(2) 谨慎浇水，及时中耕　北方棉区，春季干旱少雨，土壤失墒大，种子常有落干现象，要及时镇压提墒，以改善种子层的水分供应情况。墒情过差时，有灌溉条件的，应采取谨慎措施，进行隔行在行间浇小水，亦称偷浇，切忌大水漫灌。若播种后遇雨，土面出现板结，应及时中耕松土，破除板结，提高地温，以利于棉籽萌发出苗。

4. 间苗、定苗　为实现一播全苗，我国主要棉区通常播种粒数是留苗密度的8倍以上。出苗后棉苗拥挤，应及时间苗、定苗，以避免形成高脚弱苗。间苗要求齐苗后进行，间至“叶不搭叶”的程度，穴播棉田每穴留2～3个棉苗；1～2真叶期定苗，并及早进行株间松土，减轻苗病。定苗时间最晚不得晚于3真叶期，此时棉苗幼根已木质化，抵抗不良环境的能力大大增强，因而极少因苗病出现死苗。

(二) 种植密度

1. 确定种植密度的原则　棉花种植密度的确定以是否能够充分利用现有的生产条件和当地的光热资源为依据，以协调群体与个体的矛盾，使群体生产力得到充分发挥。因此种植密度的确定要依据当地气候、土壤、水肥条件、种植制度、品种和栽培技术水平而定。

2. 不同生态类型条件下的适宜种植密度　十省棉花优质高产协作组报道：黄河流域，皮棉每公顷1 275～1 500 kg的通用性技术规范，最佳密度7.5×10^4～9.0×10^4株。黄河流域棉区春棉高产田的最佳密度范围为4.5×10^4～6.0×10^4株，夏棉为7.5×10^4～12×10^4株。在栽培上可以运用肥水管理、中耕、整枝、生长调节物质等多项措施有效地促控棉花株型，从而在不同密度条件下，都可获得相近的群体结构和产量。因此，在生产上特别强调“稀植稀管，密植密管”。

3. 行株距的合理配置　目前，我国主要棉产区采用的行株距配置方式有：等行距和宽窄行两种。一般中等肥力的棉田和间套作棉田多采用宽窄行，以有利于通风透光，便于后期管理；高产棉田和不易发棵的丘陵旱薄地多采用等行距。在我国黄河、长江流域棉区，等行距种植，每公顷1 500 kg皮棉左右的高产棉田行距多为80～90 cm；旱薄地为50～60 cm。宽窄行种植，一般宽行80～100 cm，窄行40～60 cm。

（三）施肥技术

1. 增施有机肥，培肥地力　培肥地力的核心是增加土壤有机质的积累。增施有机肥对于保持和提高土壤有机质及有机质的更新起着重要作用。增施有机肥的主要途径：一是增施厩肥、人粪尿和饼肥等农家有机肥。这类肥料来源广、数量大，是棉田有机肥的主要来源。二是秸秆还田。作物秸秆（包括麦秸、玉米秸和棉秆等）直接还田，是提高土壤有机质含量，培肥土壤的一种好形式。

2. 重施基肥，合理追肥

（1）重施基肥　棉花生育期长，根系分布深而广，不但要求表层土壤具有丰富的矿质营养，而且耕层深层也应保持较高的肥力，并能缓慢释放养分。基肥是在棉花播种前翻耕施入土壤的，可以满足这个要求。基肥以有机肥为主，再配合适量的磷、钾肥。高产棉田一般要求公顷施肥 3×10^4～6×10^4 kg，碳酸氢铵 450～750 kg，过磷酸钙 375～750 kg，缺钾土壤施硫酸钾 150～225 kg。棉麦套作的棉田，应在种麦前施足麦、棉两季需要的有机肥，有条件的还应在棉花预留套种行内翻施有机肥。

（2）合理追肥　为满足棉花不同生育期对养分的需要，在施足基肥的基础上，还要依据棉花的需肥特点，进行合理追肥。总结各地经验，棉花追肥的总原则是"轻施苗肥，稳施蕾肥，重施花铃肥，补施盖顶肥"。

轻施苗肥。苗肥以化肥为主，一般公顷施速效氮肥 45～75 kg，过磷酸钙 300～375 kg，硫酸钾 75～112.5 kg，或配合追施腐熟好的饼肥及人畜粪。基肥用量足的高产棉田，可不施苗肥。

稳施蕾肥。北方棉区，对于地力好、基肥足、长势强的棉花，可少施或不施速效氮肥，但可酌施磷、钾肥。对地力差，基肥不足，棉苗长势弱的棉田，可适当追施速效氮肥，一般每公顷 150～300 kg 标准氮肥。

重施花铃肥。花铃期是棉株生育旺盛时期，也是决定产量、品质的关键时期。该期大量形成优质有效棉铃，是一生中需要养分最多的时期，因而要重施花铃肥。一般情况下，花铃肥用量约占总追肥量的 50%以上，公顷施标准氮肥 225～300 kg，高产田可增加至 450 kg。

补施盖顶肥。盖顶肥施用时间和数量，要在施用花铃肥的基础上，根据棉株长势具体确定。盖顶肥的施用时间一般在立秋前后。

（四）灌溉技术

1. 播前造墒　黄河流域棉区和西北内陆棉区播前造墒的主要作用一是保证播种时在播种层有足够的水分，满足种子发芽的需要，为获得全苗、壮苗打下基础；二是在土壤中下层贮存一部分水分，供给棉花生长期的利用，并可缓和棉花与其他作物在三夏期间相互争水的矛盾。棉田播前造墒，一般在冬季或早春进行。冬灌效果较春灌为好。冬灌可在秋耕后开始，土壤封冻前结束。一般砂质土不宜冬灌，可在播前春灌，最迟于播种前 15～20 d 结束。

2. 生长期灌溉　棉花生长期灌溉指棉田自出苗至成熟收获整个生长期内进行的灌溉。棉田生长期灌溉应坚持"看天、看地、看棉花"的原则。看天即根据当地的气候特点，并注当时的天气变化；看地即考虑土壤含水量、地下水位、土壤质地等；看苗即掌握棉花的长势长相和缺水表现，如顶部叶片在中午明显萎蔫，下午 15:00～16:00 点仍不能恢复时，应立即灌溉。黄河流域棉区在播前造墒的前提下，苗期一般不灌水。现蕾后至开花前（6 月至 7 月上旬）是常年干旱季节，也是棉田第一次灌溉的关键时期，但应小水轻浇，每 1/15 hm^2 灌水量 20～30 m^3 左右。棉田在第一次灌溉后，上层根系迅速生长，特别是进入花铃期后，如遇天气干旱，需灌水 1～2 次。进入生长后期（8 月下旬至 9 月上、中旬），如遇秋旱，适量灌水对防止早衰、增加铃重、提高纤维品质

有显著效果。

（五）棉花整枝技术

1. 整枝的作用　整枝的主要作用是控制棉花株型，调节营养物质的运输分配，从而协调营养生长与生殖生长的矛盾，防止徒长；改善棉田通风透光条件，提高光能利用率，减少蕾铃脱落，促进早熟，提高产量，改善纤维品质。

2. 整枝技术　棉花传统整枝项目包括去叶枝、打顶、打边心、抹赘芽、打老叶等五个方面。随化学调控技术的发展，整枝项目和内容有了很大变革，许多项目已被化学调控所代替，目前棉花生产上主要进行去叶枝和打顶两项整枝作业。

（六）棉花全程化学调控新技术

所谓棉花全程化学调控是指在棉花生长发育的不同阶段，根据气候、土壤条件、种植制度、品种特性、生育特点和群体结构要求、连续数次使用缩节胺，进行定向诱导，塑造合理株型、群体冠层结构的技术。棉花高产优质化学调控技术规程见表6-2。

表6-2　棉花高产优质化学调控技术规程

应用时期	播前浸种	苗期	蕾期	初花期	盛铃期
主要作用	(1) 促根发育 (2) 培育壮苗 (3) 防高脚苗 (4) 提高抗逆性		(1) 壮棵稳长 (2) 协调肥水 (3) 简化前期整枝	(1) 塑造合理株型 (2) 提高成铃强度 (3) 增强根系活力 (4) 简化中期整枝	(1) 增结伏桃、早秋桃 (2) 控制晚蕾 (3) 提高铃重 (4) 防贪青晚熟 (5) 简化后期整枝
应用范围	(1) 苗床育苗 (2) 地膜覆盖高产田 (3) 两熟棉田	(1) 可浸种而未浸种棉田 (2) 晚播棉田 (3) 两熟棉田前茬收获后结合肥水管理	(1) 高产棉田施肥或遇雨后 (2) 两熟棉田前茬收获后结合肥水管理 (3) 地膜高产田	(1) 施肥浇水或遇透雨后 (2) 盛蕾期没使用，而又不旱的棉田	不缺肥、水棉田，棉株生长有后劲的棉田
浓度或用量	$(100\sim200)\times10^{-6}$	0.25～0.50 g/(1/15 hm^2)	初蕾期：0.50～1.00 g/(1/15 hm^2) 盛蕾期：1.00～1.50 g/(1/15 hm^2)	1.50～3.00 g/(1/15 hm^2)	3.0～4.00 g/(1/15 hm^2)

第七节　花生

一、生产概况

花生（*Arachis hypogaea* L.）在我国别名有落花生、长生果、番豆、落生、长果等。花生荚果出

仁率 60%～80%。花生仁含油率 45%～55%、蛋白质 27%～30%、糖类 6%～23%、纤维素 2%，同时含有丰富的维生素 E、B_1、B_2、B_6 和维生素 C。因此，花生既是人民生活的主要食用油和主要植物蛋白质来源，又是重要的营养保健食品。花生茎叶是良好饲料，花生果壳经微生物发酵后，饲料消化率可明显提高，也是良好的饲用原料。所以发展花生生产，还有利于畜牧业的发展。

花生已是一种世界性的大作物，分布在南纬 40°至北纬 40°之间的广大地区。主要集中在两类地区，一是南亚和非洲的半干旱热带，面积约占世界总面积的 80%，总产约占 65%。另一类是东亚和美洲的温带半湿润季风带，面积约占 20%，总产约占 35%。我国花生面积常年 3 500～4 000×10^3 hm^2，单产 2500～3000 kg/hm^2，总产约 10 000 kt，居世界第一位。山东省是花生主产大省，面积、单产和总产均居全国首位，常年花生播种面积 800×10^3 hm^2 左右，单产 3 500 kg/hm^2左右，总产超过 2 500×10^3 t，年出口量 300 kt 左右；河南省近几年花生生产发展迅速，面积也超过 700×10^3 hm^2，总产 2 000 kt 左右，此两省面积和总产占全国的 40%以上。河北、广东花生面积均超过 300×10^3 hm^2，花生种植面积在 100×10^3 hm^2 以上的省份依次是广西、四川、安徽、江苏、江西、湖南等省区。

花生属豆科（Leguminosae）、蝶形花亚科（Papilionoideae）、花生属（*Arachis*）。Krapovickas 等（1960、1968、1973）根据分枝型将花生栽培种分为交替开花型和连续开花型两个亚种。交替开花型主茎上不着生生殖枝（花序），在第一、二级侧枝的基部第 1 节或 2、3 节，只着生营养枝（分枝），不能着生花序（即不能开花）。其后的几节着生花序，以后又有几节着生营养枝，即在侧枝的节上分枝和花序交替出现。连续开花型主茎上能发生生殖枝（花序），即主茎上可开花结实，在侧枝的各节上均能发生生殖枝。最典型的品种在侧枝的每一节上都可着生花序，但目前生产上应用的多数主茎开花的品种，在一级侧枝的第 1 或 1、2 节上发生二级分枝，以后各节均能连续开花，而在这些二级分枝上，基部第 1、2 节均能形成花序，亦属于连续开花型的品种。孙大容（1956）将我国花生栽培种种质资源按分枝型和荚果性状分为四大类型。交替开花型包括普通型和龙生型；连续开花型包括珍珠豆型和多粒型。目前，我国生产上种植的品种多数是普通型（如花 17 等）、珍珠豆型（如白沙 1016）和两类型杂交选育的中间类型（如海花 1 号）。

花生的根属直根系，由一条主根和多条次生侧根组成。花生和其他豆科作物一样，根上长有瘤状结构，称为根瘤。根瘤菌固氮为花生提供氮素占花生植株总需氮量的比例（根瘤供氮率），受土壤氮素水平和施氮量影响很大。在贫瘠不施氮的土壤上，根瘤供氮率可达 90%以上；而在肥力中等、施氮量适中的土壤上，根瘤供氮率一般为 40%～60%，且随施氮量的增加而降低。

花生主茎直立，幼时截面圆形，中部有髓，盛花后，主茎中、上部呈棱角状，髓部中空，下部木质化，截面呈圆形。主茎上出生的分枝称第一次或称一级分枝，在第一次分枝上出生的分枝称第二次分枝，依此类推。第一、二两条一次分枝是从子叶叶腋间长出的，对生，称为第一对侧枝。第三、四条一次分枝由主茎第一、二真叶叶腋生出，互生，但由于主茎第二节的节间极短，近似对生，所以一般又称第三、四条一次枝为第二对侧枝。第一、二对侧枝出生早，长势强，这两对侧枝及其长出的二次分枝构成花生植株的主体，结果数可占单株总果数的 70%～80%。花生的叶可分为不完全叶和完全叶（真叶）两种。每一分枝条第一节或第一、二甚至第三节着生的叶是鳞叶，属不完全叶。花生的真叶为四小叶羽状复叶，包括托叶、叶枕、叶柄、叶轴和小叶片等部分。花生开花受精形成果针，果针入土子房膨大形成荚果。在适宜温度下，花生荚果发育的条件主要是黑暗、机械刺激、水分、空气和养分供应。花生产量的构成，决定于单位面积内株数的多少和单株生产

力的高低，而单株生产力的高低又取决于单株的结果数和荚果的重量。因此，单位面积株数、单株果数、果重是构成花生产量的三个基本因素，花生的果重常用 kg 果数（1 kg 荚果的数量）表示，因此，花生单位面积荚果产量（kg）＝单位面积株数×单株果数/kg 果数。

二、栽培技术

（一）培肥地力、轮作换茬

花生能很好利用前作施肥的残效。因此，前作施肥、培肥地力是花生增产的基本环节。连作花生病虫害严重，植株矮，落叶早，果少、果小，减产明显，连作年限越长，减产越严重。深耕增肥、防除病虫害、选用耐连作品种等措施，在一定程度上可减轻连作危害，但仍不能根本解决连作的影响。

（二）合理施肥

花生施肥应遵循以下原则，即重视前茬施肥，重施有机肥和磷肥，重施基肥，有机肥、N、P、K 肥配合施用。北方春花生所用肥料都应在播种以前作为基肥施足，采用全层施肥法并以深施为主。基肥的 2/3（包括有机肥和氮、磷、等化肥）结合耕翻施入犁底，1/3 的基肥结合春季浅耕或起垄与作畦施入浅层，以满足生育前期和结果层的需要。钾肥应全部深施（施入结果层以下）、早施，避免集中施在结果层，以防结果层含 K 过多，阻碍荚果对 Ca 的吸收，增加烂果。常见的钙肥有两种，即 CaO 和 $CaCO_3$。$CaCO_3$ 应比 CaO 提前施用。钙肥的施用应考虑土壤的酸碱性，在 pH 为 5 以下的酸性土壤上，可结合耕翻全层施用；在土壤近中性时，可于初花期把石膏施在结果层，每公顷用量 375～450 kg；在偏碱性的土壤上，不能施用钙肥。

国内花生产区对微量元素的缺乏正日益引起重视，比较多见的是缺 Fe、Zn、B 和 Mo。钙质土或 pH 较高的盐碱地中 Fe 易被固定，缺 Fe 现象较常见。一般可每公顷施 7.5～15 kg 硫酸亚铁作基肥，用 0.1%硫酸亚铁溶液浸种 12 h、1%～3%硫酸亚铁或螯合铁（FeEDTA）溶液于新叶发黄时叶面喷施，每隔 1～2 周喷一次，连续喷 2～3 次。土壤 pH 值＞7 或含磷过多时易缺 Zn。可用 $ZnSO_4$ 15～30 kg/hm^2 基施，或每 kg 种子用 4g $ZnSO_4$ 拌种，或 1%～2% $ZnSO_4$ 溶液于花针期喷施。锌过多（土壤含锌 12 μg/g 或植株含锌 220 μg/g）易产生毒害。缺硼地上可用硼酸或硼砂 0.1%～0.25%水溶液于花针期喷施。酸性土易缺钼，但黄淮海地区盐碱地上，有的地方土壤潜在钼亦缺，可用钼酸铵或钼酸钠 0.1%～0.2%溶液浸种或拌种（按种子重的 0.1%～0.2%）。

（三）合理密植

种植密度取决于地力、品种、气候和播期等因素。北方花生区，春播密枝亚种丛生品种适宜密度为每公顷 18×10^4～24×10^4 株，蔓生品种 12×10^4～21×10^4 株；疏枝中熟丛生大花生分枝少，适宜密度约为每公顷 21×10^4～27×10^4 株，珍珠豆型早熟品种分枝少，生育期短，密度宜加大到 27×10^4～30×10^4 株/hm^2。在上述范围内，地力肥、供水条件好宜取其下限，晚播者应适当增加密度，目前北方夏花生适宜密度为 27×10^4～30×10^4 株/hm^2。

花生有穴播和单粒条播两种基本方式。我国均为穴播，每穴 2 粒。行距和穴距可按密度调配，丛生品种穴距一般不小于 15 cm，不大于 40 cm，行距不小于 30 cm，不大于 50 cm，肥地上行距应宽些，薄地上行穴距力求接近。

北方花生春播种植方式有平种、垄种、畦种、地膜覆盖等方式。两熟制花生，前茬主要为小麦，有大沟麦套种、小沟麦套种、麦行套种和夏直播等方式，后两者为夏花生。

(四) 适期播种

1. 种子处理　播种前精选种子。选色泽新鲜、粒大饱满、无霉变伤残的子仁作种用。催芽是保证花生全苗的一项最有效措施，催芽的方法基本有两类：一是先用30～40 ℃温水浸种，吸足水分后，再捞出堆闷催芽；另一种是将干种子以1∶5的比例与湿砂分层排放，使之吸水萌发。两种方法催芽均需注意保温(25～30 ℃)、保湿和适当通风，待种子萌动露白时即可播种。

2. 适期播种　5 cm地温稳定在15 ℃(珍珠豆型小花生12 ℃)以上即可播种，而以地温稳定在16～18 ℃时，出苗快而整齐，一般北方大花生区春播适期为4月中旬至5月上旬。具体播种期应根据当地气候条件和栽培方式确定。地膜覆盖栽培可比露地栽培早播10～15 d。花生播种多为开沟点种或挖穴点种，除要求行墩距适宜保证密度外，最基本的要求是掌握播种深度，北方适宜播深5～7 cm，土壤墒情好的地块，播深宜在4～5 cm。播种过浅，种苗易落干；播种过深，出苗困难，如遇阴雨，可能烂种。夏播花生应抢时早播，前茬小麦收获后，应及时早种，力争6月15日前播种，最迟不能晚于6月20日。

(五) 加强田间管理

1. 清棵　清棵是指花生出苗后进行第一次中耕时，将幼苗周围的表土扒开，使子叶直接曝光的一种田间操作方法。清棵的主要作用一是可以蹲苗，使第一对侧枝一出生就直接见光，基部节间短而粗壮，侧枝基部的二次枝早生快发，开花早且多，结果早、多、整齐，饱果率高；二是可促根生长，使主根深扎、侧根发生多，有利于提高抗旱能力；此外，亦可清除根际杂草、减轻苗期病虫害。清棵深度以子叶出土为度，不宜过深；清棵时不能碰掉子叶；清棵后不能接着中耕，待15～20 d第一对侧枝充分发育后，再进行第二次中耕。

2. 中耕除草　花生中耕一般3～4次，第一次在齐苗后结合清棵进行；第二次在团棵时进行；最后一次应在下针、封垄前不久进行。化学除草在花生上已普遍应用，效果极好。用于花生的主要为芽前除草剂，如乙草胺、异丙甲草胺(都尔、杜尔)、拉索等。每公顷用1 500～2 250 mL乙草胺或异丙甲草胺或拉索兑水750～1 000 kg，于花生播后出苗前喷洒地表均可有效防除杂草滋生。覆膜花生使用除草剂效果较好，可适当减少药量，而露地花生则要适当加大药量。

3. 培土　在大批果针入土之际培土，可以缩短果针入土距离，即所谓"迎针下扎"，并可为果针入土和荚果发育创造疏松的结果层土壤。培土后在行间形成垄沟，又便于灌排，所以正确进行培土，可以早结果、多结果，使结果整齐、集中，提高果重。正确培土的要点是：① 培土的适宜时间应在盛花期，基部个别果针入土，大量果针即将入土之际。② 培土时掌握培土不壅土的原则，做到"穿空不伤针，培土不扰蔓"，培土后形成凹顶或M型的垄部，不加深已入土果针的深度，使中下部果针基本同时入土，上部外围果针反而不易入土，荚果发育整齐，切忌培成尖顶。但要培成M型，行距不能少于40 cm，在行距30 cm时，培土必然形成尖顶埋苗，不如不培。培土方法可在锄脖子上套上一小草环，先退行锄破板结层，然后深拉猛带进行培土。

4. 合理灌溉　花生播种出苗期耗水虽少，但对土壤水分要求高，表土层和全土层相对含水量最好达70%以上，亦即足墒播种，以保证整个苗期，乃至雨季来临前都能维持适宜水分而不必浇水。花生苗期耗水少，抗旱性较强，土壤相对含水量不低于50%或40%不必浇水。花针期至结荚期耗水量大增，此期干旱不仅阻碍营养生长，降低光合物质生产，而且使花、针、果数减少，限制荚果的膨

大和对 Ca 的吸收。北方此期多为雨季，应注意排水，以免涝害，但亦常有“伏旱”，若土壤相对含水量低于 60% 应及时浇水。饱果成熟期耗水量下降，适宜土壤相对含水量降到50%～60%，但北方常有“秋旱”发生，导致早衰，影响荚果充实，对晚熟品种影响更大，应注意防旱浇水，但此期水分过多会增加烂果和发芽。花生灌溉应避免大水漫灌，尽量保持土壤通气良好。

5. 生长调节剂应用　在花生上使用的植物生长调节剂种类繁多，但主要是植物生长延缓剂 B_9（比久、Alar，丁酰肼）和多效唑（PP_{333}、氯丁唑）或其中主要成分是 B_9 和 PP_{333}。多效唑成本低，见效快，已在许多地方取代 B_9。施用适期为盛花期的后期。适宜浓度 100 μg/g（每公顷用 15% 粉剂 450 g，兑水 600 kg）。B_9（比久）作用和施用时期和条件与多效唑类似，B_9 施用适当浓度为 500～1 000 μg/g，视茎叶长势而定。但 B_9 在荚果中有残留，是一种严重的致癌物质，商检超标，出口受限，外贸部门已下令严禁在花生上施用 B_9。

（六）适期收获与带壳贮藏

1. 适期收获　花生收获适期应根据如下情况综合权衡：① 根据植株长相。植株中下部叶片脱落，上部 1/3 叶片叶色变黄，叶片运动消失，产量基本不再增长，这是花生收获期的极限。② 根据花生植株上荚果总体发育情况。就个别荚果而言，成熟标记不难确定，问题是要根据植株全部荚果发育情况，权衡迟早收获的得失。③ 根据气温变化或花生后作播种要求。晚熟品种或晚播花生尚未形成过熟果前气温可能已下降到 15 ℃以下，此时花生物质生产已基本停止，亦应及时收获。

花生收刨后，应及时在田间将植株集条铺晒，使荚果朝上或向阳，与土壤脱离。经 3～5 d 晴天，手摇荚果有响声，即可摘果，运回场上。

2. 带壳贮藏　由于花生含油多，故其荚果的安全贮藏含水量是 10%（南方潮湿地区为 8%），注意贮藏场所通风，以便安全贮藏。荚果贮藏比以花生米贮藏的通风好，切能保持花生米的色泽和生活力，因此以带壳贮藏更加安全，特别是留种用的花生，一定要带壳贮藏，播前再脱壳。至于越夏贮藏则应在晒干的基础上密闭贮藏为宜。

第八节　油菜

一、生产概况

油菜（*Brassica* spp.）是我国主要油料作物之一，与大豆、花生、芝麻并列为我国四大油料作物。油菜种子含油 33%～50%，是我国南方人民的主要食用植物油。油菜籽中蛋白质质量分数 20%～30%，菜籽饼粕中蛋白质质量分数 36%～38%，为良好的饲料和肥料。但是菜子油中芥酸（一种有毒物质）质量分数（22%～55%）和亚麻酸质量分数（10% 左右）较高，多食菜子油易导致食欲不振，影响生殖能力；另外菜子中含有对动物有毒的硫代葡萄糖甙，不能直接用作饲料。近年来国外在育成低芥酸（<4.5%）品种的同时，亦育成了一批低硫甙油菜品种和芥酸、硫甙两者含量都极低的品种，称之为双零品种。油菜茎叶含有丰富营养，可作青饲料或绿肥栽培。油菜较耐酸性土壤，其根系分泌的有机酸能溶解利用土壤难以溶解的磷素。因此，在作物轮作复种中

占有重要地位。同时,它也是新垦地、休闲地、盐碱地改良的先锋作物。

全世界油菜籽产量在油料作物中仅次于花生、向日葵,占第三位。当前世界油菜主产国有印度、中国、加拿大、法国、波兰、瑞典和德国等。我国油菜生产发展很快。目前,油菜种植面积居世界第二位,总产居世界首位。在我国油料作物中,油菜的面积最大,总产一般年份低于花生,占第二位。

油菜属于十字花科(Cruciferae),芸薹属(*Brassica*)。我国广泛栽培的油菜主要有甘蓝型、芥菜型、北方小油菜和南方油白菜4个种。油菜的根属直根系,具有主根和侧根,侧根包括支根和大量的细根。茎由主茎和分枝组成。叶分为子叶和真叶,真叶的叶形异常复杂、变态也很多,往往各类型品种也不一致。花序为总状无限花序,着生于主茎或分枝的顶端。果实为长角果。

二、栽培技术

(一) 施足基肥,精细整地

施足基肥、培肥地力是培育壮苗的基础,亦是满足油菜一生需肥的保证。基肥用量视总施肥量多少而定,施肥较多时,可占总肥量的70%左右;施肥量中等水平时,占50%左右;施肥量较少时,基肥可适当少施,占总肥量的30%～40%,以利提高肥料利用率。在肥料种类上,基肥要以有机肥为主,配合施用磷肥和少量氮素化肥。

(二) 适期播种,合理密植

1. 适期播种　适期播种是保证油菜冬前形成壮苗安全越冬的关键。播种过晚,油菜到越冬时主根尚未增粗、贮藏的糖分少,不利于安全越冬;但过早播种,植株冬前生长过旺、肉质根容易“糖心”,易遭受冻害。播种适期的确定应以越冬前达到一定叶龄为标准。一般冬前幼苗6叶以上即能安全越冬。山东省秋播油菜的播种适期为8月底至9月上旬。因此在适宜的播种期范围内,宁迟勿早。

2. 提高播种质量　油菜种子小、顶土力弱。因此,播前要精选种子,保证种子活力,采用种衣剂拌种;足墒播种;适当加大播量,每 hm^2 播量7.5 kg左右,出苗后适时间苗、定苗;播深适宜,一般为2～3 cm,不超过4 cm;播后适当镇压,以使种子与土壤紧密粘着,便于吸水发芽生根。

3. 合理密植　合理密植是油菜高产稳产的关键,其合理密度应根据品种、播期、肥水条件等因素具体确定。长势强的晚熟品种、播种早和肥水条件好的田块应适当稀植;反之,则应适当密植。另外,冬油菜宜稀,春油菜宜密;大油菜宜稀,小油菜宜密。目前北方地区油菜比较适宜的密度范围是:冬油菜白菜型品种每公顷 18×10^4～24×10^4 株,甘蓝型品种 15×10^4～22×10^4 株。条播行距一般30～50 cm,株距根据密度大小和行距而定。

(三) 加强田间管理

1. 秋冬和冬前的管理　主要任务是培育壮苗,保证安全越冬。北方地区冬前壮苗的指标是:叶龄8～10,根颈粗1～2 cm,含糖9%、含水80%。

(1) 早间苗、定苗　间定苗一般分两次进行,间苗在2片真叶期进行,定苗在4～5片真叶期完成,按所需密度留苗,并注意留匀、留大、留壮苗,每次间苗后均应及时中耕松土,促进壮苗。在缺苗断垄较严重时,还应及时做好补种或补苗工作。

(2) 适期追肥、浇水　对已施足基肥或施过种肥的田块可不进行追肥,当未施基肥或基肥用

量不足时，则应早施苗肥，一般在5片真叶时，结合中耕松土追施少量速效化肥。

北方地区越冬前干旱是培育壮苗的重要限制因素。在足墒播种的情况下，苗期也应结合追肥浇一次小水，当日平均气温降至0～40 ℃时冬灌最为适宜，同时注意浇水后要及时松土防止板结。

（3）中耕除草　间定苗和浇水后都应中耕松土。第一次中耕在齐苗后结合间苗进行，深度以3～5 cm为宜；第二次中耕在定苗以后进行，中耕深度可加深至10 cm左右。

2. 越冬期管理　油菜的组织比较柔嫩、体内含水量较多，抗寒性不如小麦强，常遭受冻害。因此越冬期管理重点是防冻抗旱。除冬前灌水和施肥外，还需在封冬前进行行间浅犁翻土压苗或锄土盖苗，冬后扒土放苗。盖土以4～5 cm为宜。注意培土时，只将短缩茎段埋在土中不要压住菜心。

3. 春季管理　春季管理的主要任务是加强肥水管理和中耕松土。

（1）追施薹肥　薹肥是指油菜抽薹前或刚开始抽薹时施用的肥料，华南地区在冬前或冬季施用薹肥，长江流域和北方油菜区则作为春季追肥。薹期是油菜春发搭高产架子的关键时期，也是需肥最多的时期，施好薹肥是春发壮薹的关键措施。薹肥的施用量和施用时期应根据菜苗长势长相而定。营养生长不足的中低产地块，应重施早施薹肥（薹高3 cm左右时施），以促营养体扩展；高肥水油菜田，油菜长势强、群体大，则应适当晚施薹肥或在初花期施肥。另外，早熟品种应适当早施少施薹肥，晚熟品种应适当晚施多施薹肥。

（2）抗旱浇水　我国华北地区一般年份春季干旱少雨，故应注意防旱浇水，保证土壤相对含水量不低于60%～70%。

（四）适时收获

油菜是无限开花结角、花期长、角果成熟不一致的作物。早收菜子的产量、含油量都低；收迟了果瓣失水，易开裂落子，丰产不能丰收。生产上一般在终花后25～30天，主茎角果呈现黄白色，分枝角果尚有1/3仍为绿色时收获最为适宜。收获可以拔收或割收，收获后在田间或场上铺晒，有利于茎叶养分向子粒运转，对提高产量有一定作用。油菜种子入仓贮藏的安全含水率为9%，必须晒到安全含水量以下才能入仓贮藏。

第九节　小杂粮

一、粟

（一）概况

粟（*Setaria italica* (L.) Beauv）属禾本科黍族狗尾草属一年生草本植物，又称谷子，英文名：foxtail millet。粟去壳后称小米，营养价值高，易消化，具有较高的滋补保健价值。小米还可以酿酒、制饴糖。

粟起源于我国，主要分布在亚洲东南部，非洲中部和中亚等地。我国种植面积最大，占世界播种面积的90%以上，主要分布在河北、黑龙江、内蒙古、山西等省（区）。划分为4大区，即东北

春粟区、华北平原区、内蒙古高原区、黄河中上游黄土高原区。在我国公顷单产可达 7 500 kg 以上。

土壤　粟对土壤要求不严，但以土层深厚，结构良好，有机质含量丰富微酸和中性的沙质壤土最为适宜。粟喜干燥、怕涝，土壤水分过多，容易发生烂根，应及时排水。

粟分为两个变种：粱（大粟）穗长而下垂，小穗群明显，为普通食用粟；粟（小粟）穗短而粗，小穗群不明显，成熟时下垂甚微，饲用粟多为此种类型。每个变种又可分成若干个品种类型或品种。由于粟品种适应范围小，全国各地均有自己的推广良种。

（二）栽培技术

1. 轮作　粟不宜连作。豆类作物是最好的前作，马铃薯、甘薯、麦类、玉米亦是较好的前作。

2. 土壤耕作　前茬作物收获后浅耕灭茬，除草减少蒸发，秋冬深耕蓄墒，冬春耙耘保墒，播前浅耕耙耘。夏播粟为了争取时间，在前作后期蓄墒，收后耙耘下种。

3. 施肥　播前每公顷施有机肥 3.0×10^4～6.0×10^4 kg，过磷酸钙 600～750 kg。一次追肥，以抽穗前 15～20 d 的孕穗期为适宜期，但瘠薄地或高寒地区要提前些。分次追肥，第 1 次在拔节始期，第 2 次在孕穗期，但必须在抽穗前 10 d 施入。追肥量每公顷追尿素 300 kg 左右。

4. 播种　播种前进行种子处理，防治病虫害。粟要适期播种，使其需水规律和自然降雨规律吻合，充分利用自然降雨。我国北方地区多在 4 月下旬至 5 月中旬。播种方式多采用条播，行距 25～30 cm。播种量每公顷 15～22.5 kg，播深 4～5 cm，播后镇压。播后遇雨板结应及时破除。

5. 密度　我国北方春粟每公顷留苗 22.5×10^4～45.0×10^4 株，夏播粟每公顷 60×10^4～75×10^4 株。

6. 田间管理　一般在 3～5 叶期及时间苗，6～7 叶期定苗。定苗时进行中耕除草。拔节孕穗期结合中耕培土进行培肥。如遇干旱又有灌溉条件，施用肥水是高产关键。生育后期主攻方向是粒多粒饱，具体措施是防旱、防涝、防倒。

7. 收获　当子粒变硬，呈现本品种固有色泽时及时收获。

二、高粱

（一）概况

高粱（蜀黍，芦粟，秫秫）学名：*Sorghum bicolor*（L.）Moench；英文名：sorghum 属于禾本科高粱族高粱属。染色体数目和组成 $2n=2X=20$。一般认为起源于非洲，也有中国起源之观点。高粱是我国古老的作物之一。高粱的子粒是部分地区人民的主食。子粒、叶片和茎秆用于饲料和生产淀粉、糖、醋、白酒、制药等。

高粱是世界重要谷物，总面积达 $4\,700\times10^4$ hm^2 多，平均单产 1 760 $kg\cdot hm^{-2}$。中国的栽培面积达 150×10^4 hm^2 余，平均单产 3 680 $kg\cdot hm^{-2}$。高粱是杂交优势利用较好的作物之一，晋杂 4、克杂 14、晋杂 11 等杂交种都有较高的产量表现。高粱子粒含有丰富的营养，其蛋白质和热量略低于玉米。但因含有较多难消化的醇溶蛋白，及少量单宁，故营养价值稍逊于玉米。目前，随着高产优质品种的选育，品质将会有明显改善。

高粱适应性较广，具较强的耐旱、耐瘠、耐涝和耐盐碱特性，分布在亚、非、美洲的 80 多个国

家和地区。在我国划分成春播早熟高粱区、春播晚熟高粱区、春夏兼播高粱区、南方高粱区等4个生态区域。以东北三省、内蒙古、晋、冀、川、鲁、皖等省（区）种植较多，多数为春播晚熟型。高粱按其用途和品种特性划分为粒用、糖用、饲用和帚用等4类。

（二）栽培技术要点

1. 轮作倒茬和土壤耕作　不宜重茬，前茬以棉花、玉米、大豆等作物为好。

春播高粱宜深耕，夏播主要进行浅耕灭茬，起疏松土壤和混合肥料的作用。各地可依据生产实际准备出平畦、起垄、覆膜等地表模式。整地一般结合施用基肥。

2. 播种技术和密度控制　春高粱在5 cm土层地温10～12 ℃时播种，夏高粱应抢时或用套播的方式争取生育期。播深3～5 cm，播前应做种子处理，播后要及时镇压耙耱，播量一般在15～22.5 $kg \cdot hm^{-2}$。在3～4叶时除去弱苗、病苗、拥挤苗，5～6叶时按计划密度定苗。中原地区高水肥地每公顷 10.5×10^4～12.0×10^4 株，旱薄地 6.0×10^4～9.0×10^4 株，青饲 12.0×10^4～15.0×10^4 株。

3. 施肥和田间管理　施肥包括底肥、种肥和追肥。底肥一般施有机肥 3.0×10^4～6.75×10^4 $kg \cdot hm^{-2}$，过磷酸钙、磷矿粉和钾肥750～1 500 $kg \cdot hm^{-2}$，也施部分氮肥。种肥以速效氮肥为主，公顷用量75 kg左右。追肥一般在拔节至孕穗期间，常采用开沟条施尿素112.5～150 kg或硫铵225～300 $kg \cdot hm^{-2}$。

田间管理包括中耕、除草、灌水、去蘖和防治病虫害。综合定苗将植株近地部拨开，使分蘖节露出在阳光下，有利实现蹲苗。拔节时和追肥灌水后中耕，全生育期共中耕2～3次，并结合中耕培土。开花和花后灌水，7～8叶时往往产生分蘖，应将其拔除。打叶喂牲畜不利高产，宜晚打或不打。播前药剂拌种防蛴螬等地下害虫。生长中应加强对蚜虫、条螟、粟穗螟、玉米螟、棉铃虫等害虫和粒黑穗病、角黑穗病、丝黑穗病、炭疽病、霜霉病等病害的防治，确保丰收。

4. 收获　高粱的适宜收获期是在蜡熟末期。该期子粒含水15%～20%，是产量最高时期。由穗下节间割下穗头，及时晾晒、脱打、入库、防止霉变。

三、其他杂粮

（一）荞麦

1. 概况　荞麦（*Fagopyrum mill*）属于蓼科（Polygonaceae）荞麦属（*Fagopyrum* Gaerth）作物。是我国传统的抗灾填闲作物及重要的饲料、绿肥和蜜源作物。荞麦营养丰富，蛋白质和脂肪的质量和数量及矿质元素和微量元素的含量优于稻米、小麦与玉米，且富含芦丁、维生素 B_1、维生素 B_2 与多种有机酸等，是重要的保健食品资源和药物资源。

荞麦生育期短，生长速度快，出苗后约20～25 d开始现蕾，4～5 d后进入始花，全生育期早熟品种仅60～70 d，中熟品种70～80 d，晚熟品种80 d以上。荞麦根系较少，但生理活性较强，它能分泌多种有机酸，有效地利用土壤中难溶性养分，因此对土壤的要求不严，只要气候适宜，一般土壤（包括瘠薄地或新开垦地）均可种植，酸性或碱性重的土壤经过改良也可种植。

荞麦起源于中国。荞麦属约有15个种，供栽培用的只有两个种：① 普通荞麦（*F. esculentum* Moench）即甜荞，多在我国北方种植。② 鞑靼荞麦（*F. tataricum*（L.）Gaertn）即苦荞，多种植于西南部山区。

2. 栽培技术

(1) 轮作　荞麦对前作要求不严，以豆科和根茎类中耕作物最好。在无霜期短的西北、东北与华北高海拔冷凉地区和云贵川藏等地的高山地带，一年一作，常与春小麦、马铃薯、燕麦、糜黍、大豆、玉米等轮作；在冬季温暖的南方，可在晚稻等晚秋作物之后种植冬荞。

(2) 整地　在荞麦为主的地区，宜及时秋深耕，早春顶凌耙地，种前浅耕耘耙耱。荞麦作复种或补种时，应及早灭茬耕耙，保蓄水分，清除杂草，以利苗全苗壮和根系生长。

(3) 施肥　荞麦需肥较多，每生产 100 kg 籽实，需消耗氮 3.3 kg，磷 1.5 kg、钾 4.3 kg。为获高产，在瘠薄和前作施肥少的土地上，应施足基肥，并以磷钾含量高的肥料、禽粪等作种肥，还可在苗期或花期追施尿素以促使茎叶繁茂、蕾花多、子粒饱。

(4) 播种　荞麦种子寿命短，子粒大小和成熟度很不整齐。应精选纯净而粒大饱满的新种子作为播种材料，同时进行风选晒种，或以35 ℃温水浸种 15 min，以提高发芽率。荞麦播种时间各地区差别甚大。适宜播期的原则是，春播要在晚霜之后，夏秋播要使其在早霜前能成熟和不影响后茬作物播种。荞麦子叶大顶土力差，播种不宜过深，一般 4～6 cm。行距 30 cm 左右，每公顷播量甜荞 37.5～45 kg，苦荞 40～60 kg。一般每公顷甜荞 75×10^4～90×10^4 株，苦荞 15×10^4～225×10^4 株，瘠薄地适当多留。

(5) 管理　首片真叶出现后，结合间苗进行中耕，在封垄前结合培土进行最后一次中耕。开花结实期遇旱时应及时灌溉，多雨或低洼地应注意排水防涝。盛花期辅助授粉可提高产量，每 0.13～0.2 hm^2 地安放一箱蜜蜂，或采用轻拂植株方法人工辅助授粉，能显著提高结实率。

(6) 收获　荞麦花期长成熟极不一致，当全株有 2/3 的籽实成熟呈现黑褐色时，即可收割，晚收会因子粒脱落而减产 1～3 成。

(二) 薏苡

1. 概况　薏苡（药玉米、薏珠子、回回米），为禾本科一年生或年生草本植物。学名：*Coix lacryma-jobi* (L.) var. *frumen-tacea* Makino 英文名：job's tears。

薏苡是一种粮、药兼用作物，薏苡起源于亚洲东南部的热带、亚热带地区，中国属原产地之一，我国种植面积较大的省份有吉林、辽宁、河北、山西、山东、四川、福建及云南等地。

薏苡的根、茎、叶各部器官均具有发达的通气组织，属湿生性植物特征，在淹水条件下仍能正常生长。在我国栽培的类型多样，有软壳、硬壳、高秆、矮秆等。生育期长短不同（110～160 d），分蘖能力有强弱之分，出米率也有很大差异，生产中多选用高产、抗倒伏、壳薄、仁大、糯性的类型。如辽宁省培育的薏苡 5 号等。

2. 栽培技术要点

(1) 选地轮作　薏苡的适应性很强，地势稍低较肥沃的土地最为适宜。由于吸、肥能力强，易感黑穗病，不宜连作。各地多与大豆、玉米、高粱等作物轮作。

(2) 播种　播种前种子应风选除去秕粒。为防止病害，用 50%多菌灵可湿性粉剂或用 50%的甲基托布津拌，用药量为种子种粮的 0.5%。我国北方播种期，一般在 4 月中下旬或 5 月上旬。播种方式多采用条播，行距 45～50 cm，播种量 75 $kg\cdot hm^{-2}$左右。也有穴播，行穴距为 40～50 cm×15～20 cm，每穴 45 粒，定苗时每穴留 2 株。

(3) 田间管理及收获　幼苗长出 5～6 片真叶时，按株距 12～15 cm 定苗。一般中耕除草 2 次。在拔节和抽穗期间结合灌水追施氮、磷肥。收获时期应在植株基部叶片呈黄色、顶部尚带绿

色，子粒已饱满时为宜。

（三）其他粟类作物

1. 黍稷　黍稷（糯者称黍、粘黍、粳者称稷、糜子），学名 *Panicum miliaceum* L.，为禾本科黍属一年生草本植物。原产于我国西北部及中亚。世界种植面积约 666.7×10^4 hm^2，主产国家是独联体和中国。我国种植面积约 146.7×10^4 hm^2，主要分布在内蒙古、山西、陕西、甘肃、黑龙江等省（区）。黍稷为喜温短日照作物，耐旱、耐瘠薄、耐盐碱，对养分利用较经济。

栽培要点：轮作倒茬，精细整地。施用基肥和种肥。播深 3～5 cm，播量15 $kg\cdot hm^{-2}$，播后镇压。合理密植。4～5 片叶时进行定苗除草。孕穗期深中耕培土防倒，成熟后及时收获。

2. 食用稗　食用稗（稗子），学名 *Echinochloa crusgalli* Beauv. var. *frumentacea* (Roxb) Wright，为禾本科稗属一年生草本植物。原产欧洲与亚洲，广布热带与温带。在我国种植约有2 500余年，以北方较多。抗逆性强，耐干旱，耐湿，也耐盐碱，耐瘠薄，籽实耐贮藏。

栽培要点：精细整地，整地前施基肥，拔节后追少量氮素化肥。播种方式应提倡条播，行距40～60 cm。播深 3～5 cm，播量15 $kg\cdot hm^{-2}$，播后镇压。苗高 3～6 cm 时结合第 1 次中耕进行定苗，株距 15～25 cm。拔节后进行第 2 次中耕，结合追肥培土。成熟后及时收获。

3. 龙爪稷　龙爪稷，学名 *Eleusine coracana* (L.) Gaertn。为禾本科䅟蟀草属一年生草本植物。起源于非洲和南亚。主要分布在印度和乌干达，我国主要分布在西藏、四川、贵州。

龙爪稷耐涝性较强，喜多雨，但苗期怕水淹。同时具有抗旱、抗盐碱能力，由于根系发达、茎秆坚韧，抗倒伏能力强。根系吸收肥力极强，在肥沃的土壤上可获丰收。

栽培要点：精细整地，施足基肥，可春播夏播。条播行距 30～40 cm，播深 3～5 cm，播量15 $kg\cdot hm^{-2}$左右，播后镇压，也可育苗移栽。苗高 10 cm 左右结合中耕进行定苗。株距 10～15 cm。拔节时进行第 2 次中耕结合追肥培土，成熟后及时收获。由于主茎和分蘖成熟参差不齐，分 3～4 次收获。

4. 蜡烛稗　蜡烛稗，学名 *Pennisetum ameicana* (L.) Leeke。系禾本科狗尾草属一年生草本植物。

起源于热带非洲中部。主要分布在非洲大陆的东非、南非、中非国家。子粒富含蛋白质，营养极为丰富。蜡烛稗具有较强的耐热、耐旱、耐瘠薄、耐盐碱的特性。在干旱条件下生长，一生约耗水 150～200 mm，但不抗涝。喜温不耐寒，发芽时要求高温 30～35 ℃，接近 0 ℃可致死。系短日照作物，但要求阳光充足。

栽培要点：播前精细整地。一般底施有机肥 3×10^4 $kg\cdot hm^{-2}$，在生长前期追施氮素 52.5～60.0 $kg\cdot hm^{-2}$。种植方式多用条播，行距 60～70 cm，株距 20～30 cm，播深 3～5 cm，每公顷播量 10.5～15 kg，苗高 7～10 cm 时定苗，中耕除草。生育后期，当中下部茎叶黄枯，穗部呈黄白色即可收获。

第十节　麻类作物

一、生产概况

麻类作物分为韧皮纤维作物和叶纤维作物两大类。我国韧皮纤维作物主要有大麻

（*Cannabis sativa* L.）、黄麻（*Corchorus* spp.）、红麻（*Hibiscus cannabinuc* L.）、苎麻（*Boehmeria* spp.）、苘麻（*Abutilon avicennae* G.）、亚麻（*Linum usitatissimum* L.）等；叶纤维作物有龙舌兰科龙舌兰属的剑麻、宽叶种龙舌兰麻又称番麻等，这些麻适合热带栽培，也称为热带麻。

麻类纤维是我国重要的工业原料，其用途主要有三种。一是用以纺织麻袋、麻布，如大麻、黄麻、红麻、苘麻。二是用以纺织细布、帆布等，如苎麻、亚麻，但近年在细纺工业上，用大麻纤维与棉、毛、化纤混纺，也织出了上等面料。三是用于制造粗绳索，它们主要是叶纤维类，因其耐湿、耐腐、耐磨性强，做成的绳索最好。

韧皮纤维作物的茎具双子叶植物茎的构造，从表皮至中心依次为表皮、皮层和中柱。中柱由同心的几层组成，包括中柱鞘、韧皮部、形成层、木质部、髓等细胞组成。纤维多产生于韧皮部。但也有些产生于中柱鞘或皮层组织，如苎麻纤维主要来源于中柱鞘。

二、栽培技术

(一) 大麻栽培技术

1. 轮作换茬　大麻可以连作，但连作年限不宜太长，以适当轮作为宜，可与玉米、蔬菜、豆科作物轮作。

2. 施足基肥，精细整地　选用地势平坦、地力肥沃、土层深厚、排灌条件良好的砂质壤土或壤土为宜，而低洼地、旱薄地、土质粘重或地下水位过高、盐碱土壤均不宜栽培大麻。大麻的施肥以基肥为主，一般每公顷施有机肥 4.5×10^4～7.5×10^4 kg，过磷酸钙 375～450 kg。深耕有利于大麻的根系发育，最好在前茬收获后进行秋耕，耕深 25～30 cm，耕后冬灌，至翌春解冻前后春耕，耕后随即耙细耙实，整平地面，使土壤上松下实，整好麻畦。山东省一般畦幅宽 70～80 cm，畦埂宽 15～20 cm。

3. 适期播种，提高播种质量　大麻播种期早晚对纤维产量和品质影响很大，当土壤 5 cm 地温达到 8～10 ℃时即可播种。华北麻区一般在 3 月下旬至 4 月中旬。夏麻一般在 6 月上旬播种。大麻播种方式多采用条播，方法是在整好畦后浇底墒水，适墒疏松表层，再进行耧播、机播或开沟撒播。条播行距一般 10～20 cm，播深 2～3 cm，播后要及时耙平地面。如遇天旱翌日应轻镇压一次。播种量以每公顷 60～75 kg 为宜。

4. 加强田间管理　出苗后 10～15 d 进行间苗，当苗高 10～15 cm 时进行定苗。因雄株出麻率高、纤维品质好，在间定苗时，应多保留叶片尖窄、叶色淡绿、顶梢略尖的雄株；采种用者可多留雌株，以增加种子产量。种植密度 120×10^4～150×10^4 株。

大麻是一种需肥较多的作物。在重施基肥的基础上，需合理追肥。在土壤肥力较高、基肥充足的麻田，每公顷追施氮肥 375～600 kg。一般在播种后 40 d 苗高 30～40 cm 时，结合浇第一遍水，一次集中追施，也可分二次追施，第二次在高 70～80 cm 时进行；在地力差、基肥用量少的麻田，应适当增加氮肥用量，分期追施。

大麻在全生育期需要消耗大量水分。因此，在各生长期要求有充足的雨量和灌溉，保持土壤湿润，全生育期浇水约 5～10 次。但大麻又怕水淹，如水淹地面两昼夜，大麻就会死亡，故要注意排水。

5. 收获和沤制　大麻雄株在盛花期达工艺成熟期，而雌株要晚 30 多天，生产上宜在雄株开

花盛期，雌株下部花序结实时一次收获。收获后，削去枝叶，在地面摊晒 1 d，打成直径 15～20 cm的麻捆，沤在池塘、河湾水中，以上不露麻、下不入泥为宜。在水温 23～25 ℃下，经 3 d 即可沤好。当麻排附近出现大量气泡、麻秆上有粘液出现时，应马上捞出冲洗，晒干待剥。

（二） 黄、红麻栽培技术

1.

般秋耕宜早、宜深；冻前灌水，早春解冻后，及时耘耙细整，做到上松下实，底墒充足。一般 5 cm 地温稳定在 15 ℃以上即可播种。长果黄麻由于对短日反应比较敏感，播期一般不能早于 4 月中旬。

北方多用耧播或机播。行距 30 cm 或宽窄行播种，宽行距 45 cm，窄行距 20 cm。播种深度 2 cm为宜。播后镇压以提高出苗率。红麻播种量用发芽率 70%以上的种子，每公顷 15～30 kg。

2. 田间管理

间、定苗　间苗一般在齐苗后进行，苗高 10 cm，麻苗 5～6 片真叶时进行定苗，留苗力求均匀，行行整齐，保证密度。红麻以每公顷留苗 30×10^4 株，收获有效株 2.25×10^4 株左右为宜；长果黄麻留苗 45×10^4 株左右，圆果黄麻留苗 30×10^4～37.5×10^4 株。

中耕、除草　中耕深度 3～5 cm，要头遍浅，二遍深，三、四遍翻草根。第一次中耕在间苗后进行，第二次在定苗时进行，第三次在苗高 30 cm 时进行，这次要中耕和浅培土相结合。封垄之前还可进行最后一次中耕。

合理施肥、灌溉排水　施肥原则是："施足基肥，酌施种肥、轻施苗肥、重施长秆肥"；有机肥和化肥结合，氮、磷、钾配合施用。苗肥要看苗追施，弱苗勤施，壮苗少施，避免重施伤苗。一般每公顷追施尿素 150 kg，在定苗后一次施用，也可在间苗后和定苗后分两次施用。在麻株长至 60 cm 左右时，是重施长秆肥的适宜时期。这次用量要占总用肥量的 30%左右，以氮为主，辅以钾肥。一般每公顷施尿素 225～300 kg。黄、红麻苗期需水量少，耐渍性较弱，但北方春旱会影响麻苗生长和根系发育，一般在麦收前结合追肥及时浇水。快速生长期间麻株生长快，对水分需要量较大，如遇伏旱或秋旱应及时浇水。

3. 适时收获沤制　黄麻的适宜收获期（工艺成熟期），长果种为"半花半果"，圆果种在"花少果多"时收获。红麻的工艺成熟期标准是：半花半果，花多果少，植株梢部出现披针叶。目前大面积生产上多采用晚熟品种南种北植，一般收获时植株达不到工艺成熟标准，主要根据气象因素、茬口和劳力安排确定适宜收获期。北方一般在 9 月上旬至 10 月初收获。收获时一般采用齐地砍麻，不留麻茬，也可用黄、红麻收割机收获。收获后即可打捆沤麻，也可剥皮后沤麻。剥麻方法有干剥和鲜剥两种，以鲜剥为好。

（三） 苘麻栽培技术

1. 适时早播，合理密植　山东一般在 3 月底至 4 月上、中旬播种。播种多用耧条播，播种量每公顷 15～22.5 kg，覆土深度 4～6 cm。种植密度应根据品种特性、土壤肥力等条件，因地制宜地确定。各地种植密度多在 22.5×10^4～30×10^4 株左右，行距 40～50 cm，株距 6～10 cm 为宜。

2. 加强田间管理　麻苗出土后，苗高 5 cm 左右，进行第一次间苗，拔除过高、过细、生长不良或有病虫害的麻株。苗高 10 cm 左右，进行第一次中耕、除草；定苗时进行第二次中耕、除草；苗高 50 cm 左右进行第三次中耕。

苘麻生育期间共追肥二至三次。定苗后茎秆进入迅速生长，要注意追肥，每公顷追施氮肥

225～375 kg,还要酌施草木灰和过磷酸钙。夏旱缺雨时要及时灌水 涝洼地要注意排涝。多风地区要注意培土,防止麻株被风吹倒或碰伤折断。

3. 收获和沤洗　当多数麻株已结有 3～5 个蒴果,顶端仍在开花,茎下部叶片已枯黄脱落,而茎上部仍呈黄绿色,即为工艺收获适期。华北地区在大暑、处暑间,而以立秋前后收获为最宜。收获有拔麻和割麻二种。收获后晒一两天后打捆,麻叶已自然脱落,然后下水沤麻。沤麻方法与黄麻、红麻整株沤洗方法相同。

(四) 亚麻栽培技术

1. 合理轮作,精细整地　亚麻忌重、茬迎,前茬以玉米、大豆和小麦为最好。亚麻宜选种在地势平坦、排水良好的田块。整地要精细,做到地面平整细碎,上虚下实。

2. 适时播种　当气温稳定在 7～8 ℃时即可播种。播种以条播为好,行距 7. 5～15 cm,播深 2～3 cm,播后镇压。每公顷播量 105 kg 左右。

3. 加强田间管理,适时收获　苗期结合中耕,除草 1～2 次。亚麻生育期短,施肥要集中,重施基肥,合理追肥。亚麻工艺成熟标志 1/3 蒴果变黄褐色,1/3 麻茎变黄,1/3 叶片脱落,此时收获最为适宜。

第十一节　小油料作物

一、芝麻

(一) 概述

芝麻（*Csesamum indicum* DC.）为我国四大油料作物之一,历史上曾有脂麻、油麻、胡麻、方茎等名称。芝麻种子含油 52%左右,蛋白质 17%～24%,此外,还含有多种维生素和芝麻酚类物质等。用芝麻榨得的“香油”或称“麻油”,不饱和脂肪酸含量接近 90%,其中人体不能合成而又必需的亚油酸质量分数 40%左右,芝麻油还含有芝麻素,具有特殊的香味。

世界上芝麻分布甚广,栽培面积较大的国家有印度、苏丹、中国和缅甸。我国芝麻单产较高,总产居世界首位。我国各省都有芝麻种植,以河南省种植面积最大,其次是湖北省,两省共占全国的一半左右,种植面积较大的省份还有安徽、江西、河北三省。山东省芝麻面积 2×10^{4} hm^{2} 左右,产区主要集中在菏泽、枣庄、济宁、德州等市。

(二) 栽培技术

1. 整地与轮作　芝麻种子细小,故对整地要求较严,要求土壤保墒好、透性好、耕层上虚下实、平整细碎。芝麻忌连作 (重茬) ,连作时易染病害,且土壤肥力下降,减产明显,种植芝麻必须和其他作物进行轮作 (换茬) 。

2. 播种　播前晒种可以打破种子休眠,提高生活能力,使出苗整齐,幼苗生长健壮。春芝麻可在 4 cm 地温稳定在 18～20 ℃时播种。山东省春芝麻播种适期为 5 月上、中旬,夏芝麻可在麦收前 10～15 d 套种,麦收后直播则应抢墒早种。芝麻种子小且子叶出土、顶土力弱,播深 3 cm 左右为宜,砂性较大的土壤播后可适当镇压,使种子和土壤密接、以利出苗。芝麻每公斤种子

$30\times10^4\sim40\times10^4$ 粒，但出苗率低，一般播量每公顷 4.5～10.5 kg。

3. 合理密植　芝麻的适宜种植密度确定应考虑品种特性、气候特点、水肥条件、种植方式等。一般分枝型品种密度宜稀，每公顷 $9\times10^4\sim12\times10^4$ 株，单秆型品种密度宜密，每公顷 $12\times10^4\sim22.5\times10^4$ 株。气温较低、芝麻生长期较短的地区，适应性品种多为株型较矮的中熟或早熟品种，应适当密植，相反则应适当稀植。芝麻条播时一般单秆品种行距 0.3～0.4 m 左右；分枝型品种行距 0.4～0.5 m 左右。点播时一般每穴留苗 2～3 株，穴距按计划密度确定。

4. 合理施肥　芝麻主要根层分布浅，基肥宜施在 10 cm 土层以内，用量占总施肥量的 70% 左右，以有机肥为主，配合施用磷、钾肥。种肥能及时满足幼苗生长的需要，但为防烧种伤苗，种肥用量不宜过多，一般每公顷施饼肥 75～120 kg、尿素 30 kg、土杂肥 7 500 kg 左右。追肥施肥方法有土壤追施和叶面喷施，追肥多用化学肥料（特别是氮肥）或腐熟的农家肥。地面追肥，单秆品种以现蕾至始花、分枝品种以分枝出现时追施为宜，一般每公顷用肥量 115～225 kg 尿素，结合中耕培土，条施或穴施在植株附近。

5. 田间管理　芝麻播后出苗前遇雨，雨后暴晴，地面易形成硬壳，壳层下的土壤潮湿缺氧，易使萌动的种子窒息，或因养分消耗而死亡，致使缺苗严重，甚至全田废弃。所以雨后晴天，如在播后不久种子萌发前，应及时耙地碎土保墒，以利出苗。

芝麻的中耕除草通常是结合间定苗进行，一般从出苗到始花前中耕除草 3～4 次，中耕的深度是浅、深、浅。第一次间苗中耕时宜浅，第二次间苗至定苗中耕时宜稍深，4～5 对真叶进行第三次中耕时宜深，幼苗高约 30 cm，开始开花进行第四次中耕时宜浅，此次中耕常和追肥培土结合进行。

芝麻生长期间对水分反应非常敏感，既不能耐长时间的土壤干旱，也不能抗御渍害，必须注意灌水和防涝。芝麻生长期当土壤含水量接近田间最大持水量的 50%时，便会出现暂时萎蔫现象，应立即浇水。

6. 收获与贮藏　芝麻进入终花期后半个月左右逐渐开始成熟，待芝麻植株枝叶大部分变黄，部分叶片脱落，蒴果渐呈黄褐色，基部有 1～2 个蒴果炸裂，中下部蒴果内的种子已饱满，皮色由乳白变为暗白或暗赤色时，即为适宜收获期。收获时宜在阴天或早晨进行，以免蒴果炸裂。收割或连根刨起植株后，捆成直径 17～20 cm 的小束，支架曝晒，当晒至植株大部分蒴果炸开时，倒拿小束两束互相撞击进行第一次脱粒，然后再将芝麻束架晒，如此重复 3～4 次即可脱净。脱粒后晒干去杂，待水分降至 7%～9%时即可入库贮藏。

二、向日葵

（一）概述

向日葵（*Helianthus annuus* L.）是重要的油料作物之一。种仁含油率，食用种为 40%～50%，油用种在 50%～60%之间，有的品种高达 70%。

世界上现有 40 多个国家种植向日葵。前苏联的种植面积和总产量最大。其次是阿根廷、美国、中国、西班牙、土耳其、罗马尼亚、匈牙利等国。单产最高的国家是法国和西班牙。我国的向日葵主要分布在东北、华北、西北的半干旱、轻盐碱地区。内蒙古种植面积最大，其次是山西、新疆。根据各地无霜期长短不同，向日葵分为一季栽培区和两季夏播夏种区。

（二）栽培技术

1. 深耕改土、轮作换花　向日葵虽耐瘠薄、适应性强，但要获高产必须创造土层深厚、疏松、酸碱度适中、肥沃的土壤条件。向日葵对前作要求不甚严格，但连作会使土壤养分特别是钾素过度消耗，应与豆科作物、禾谷类作物、薯类作物等进行合理轮作。

2. 适时播种、提高播种质量　春播以 4 月上旬为宜，高寒地带可延迟到 5 月上旬，华北地区可提前到 3 月下旬。夏播宜在 6 月 20 日至 7 月 15 日播种。向日葵的播种方法有平播和垄播两种，可开沟点播亦可条播，播深 4～5 cm。

3. 合理密植　合理密植是向日葵增产的中心环节，适宜密度的确定应综合考虑地势、土质、气候、品种、水肥等条件。一般平原肥地宜稀、山坡薄地宜密；高秆品种宜稀（每公顷 2.7×10^4～3.0×10^4 株）、矮秆品种宜密（每公顷 4.5×10^4～8.25×10^4 株）；水浇地宜密、旱地宜稀。向日葵的行距一般为 50～80 cm，株距视密度而定。

4. 适时施肥浇水　施足底肥。全部有机肥和磷肥、氮和钾肥的 1/3 做底肥。对没有施足底肥的地块，可在播种时重施种肥，每公顷施硫酸铵 150 kg、过磷酸钙 450 kg、硫酸钾 225 kg。适期追肥。在现蕾至开花期每公顷施 300～450 kg 硫酸铵，在定苗至现蕾期每公顷施过磷酸钙 300～600 kg、硫酸钾 225～300 kg。贮水灌溉，播种前进行秋灌或冬灌，没有秋冬灌的也可在播前造墒。在现蕾、开花、灌浆 3 个生育时期遇旱则要浇水。

5. 加强田间管理　在出苗后及时查苗补苗的基础上，当幼苗出现 1 对真叶时即可间苗，2 对真叶期定苗。病虫害严重或易受碱害的地方，可推迟到 3 对真叶期定苗。间苗至苗高 50～75 cm 期间要中耕 3 次，中耕深度可逐渐加深至 10～12 cm。分枝刚刚长出时应及时打掉。向日葵主要靠蜜蜂传粉，在蜂源缺乏的地区，为提高结实率，可进行人工辅助授粉。人工授粉时间一般在上午 9:00～11:00 进行。

6. 收获贮藏　向日葵成熟的外部形态标志是：花盘背面发黄、边缘微绿，舌状花瓣凋萎干枯，苞叶黄褐色；茎秆变黄，大部分叶片枯黄脱落；子粒变硬现出品种特有的色泽。向日葵贮藏的条件是干燥低温，种子入库的含水质量分数最好在 8%～9%，不能超过 12%；仓库内的温度保持在 5 ℃左右，相对湿度在 20%左右。

三、蓖麻

（一）概述

蓖麻（*Ricinus communis* L.）是世界上有着较为悠久栽培历史的油料作物之一。蓖麻种子含油分 46%～55%，蓖麻油为不干性油（碘价 82～86），粘度大，比重高，在 −18 ℃不会凝固，在 500～600 ℃的高温下不变质、不燃烧。蓖麻油是一种高级润滑油，可用于飞机、轮船、汽车和其他高速机械。

蓖麻原产于非洲热带地区。蓖麻的适应性强，能耐盐碱和干旱，在世界上分布范围很广。印度和巴西是蓖麻油的主要出口国，美国、日本和欧洲共同体国家为主要进口国。我国各地都有蓖麻种植，而以东北和华北各省区最多，西北和华东次之。山东省各地均有种植，大部分为零星种植。

（二）栽培技术

1. 整地和轮作　蓖麻是一种耐瘠薄、适应性强和对土壤要求不严的作物，但要获得高产，也必须为蓖麻生长创造土层深厚、质地疏松、酸碱适度、排水良好和有机质丰富的土壤条件。蓖麻不耐连作，一般每3～4年与豆科、禾本科作物实行轮作一次。

2. 播种　当5 cm地温稳定在10 ℃以上时即可播种，北方可在3月中旬至4月中旬进行，长江流域各省可在2月下旬至3月下旬进行。山东省多在3月中旬前后播种。一年生蓖麻每公顷1.2×10^4～2.25×10^4株，多年生蓖麻每公顷3 750～4 500株。每公顷用种量小粒种7.5 kg左右，中粒种11 kg左右。

3. 合理施肥　施足底肥。作底肥的肥料以腐熟的厩肥、堆肥混合过磷酸钙和草木灰为好，一般结合深耕每公顷施有机肥1.5×10^4～2.25×10^4 kg、过磷酸钙750 kg和少量氮素化肥。适期追肥。苗期追施少量氮肥（每公顷40 kg尿素）再配以适量磷、钾肥，既能促苗早发，又能提高产量和种子含油量。盛花期每公顷追施75～150 kg尿素或30 kg尿素加300 kg饼肥，可明显增加种子产量。追肥应远离植株约30 cm，浇水或雨后4～6 d再追肥。

4. 加强田间管理　出苗后尽早查苗，及时移苗补栽，缺苗较多时，应进行补种。当幼苗长出1～2片真叶时进行间苗，每穴留2株；幼苗长出3～4片真叶时进行定苗，每穴留1株壮苗。

第一次中耕应结合间苗进行，定苗时进行第二次中耕，以后每隔10～15 d中耕一次，中耕次数视杂草多少和降雨情况而定，最后一次中耕应在蓖麻开花前结束。结合中耕，注意培土，以利抗倒和排水。为了促进第一次分枝的发育，当第5～6片真叶或苗高50～60 cm时摘心打顶。为了减少养分的无效消耗，可将主茎和果枝上的赘芽抹去。

5. 收获和贮藏　蓖麻的蒴果成熟期很不一致，即使同一株上的果穗成熟亦有早有晚，整个成熟期可持续3～4个月。另外，多数品种成熟时蒴果易开裂，种子自行弹出，造成损失，故应分期及时采收。脱壳后的蓖麻种子要及早清选，挑除石子、碎片、果壳残留物、碎叶及烂子，然后摊晒，待晒至种子含水量为8%～9%时即可入仓贮藏。

第十二节　烟草

一、概述

烟草是我国重要的经济作物之一，栽培的烟草为叶用植物，收获的叶片主要供卷烟工业加工各种烟制品。在我国烟草行业作为国民经济的重要产业，每年上缴国家税利1 000多亿元，2002年达到1 400亿元，占国家财政收入的10%，在国民经济中占据相当重要的地位，同时也成为烟区农民收入的重要来源。

烟草在植物学分类上属于双子叶植物纲、管花目、茄科、烟属。目前已发现的烟属有66个种，人类栽培利用的只有两个种，即普通烟草（又称红花烟草）和黄花烟草。

烟草原产于中南美洲，至今仅有400年的栽培历史。目前烟草种植几乎遍布世界各地，年均种植面积450×10^4 hm^2，总产695×10^4 t。我国烟草种植面积在120×10^4～150×10^4 hm^2，年产量300×10^4 t，种植面积和总产均居世界首位。

我国习惯上按烟叶的品质特点、生物学性状和栽培调制方法，将栽培的烟草划分为烤烟、晒烟、晾烟、白肋烟、香料烟和黄花烟等六大类型，其中烤烟种植面积和总产均在90%以上。因此本章主要介绍烤烟的栽培技术。

二、烟草的生物学特性

1．烟草植物学特性　烟草属直根系，分主根、侧根和不定根三部分。但由于移栽时主根受到损伤，主根不明显，侧根和不定根很发达，整个根系呈倒圆锥形。主要分布在15～50 cm的土层内，根系是合成烟草生物碱的主要器官，合成的烟碱通过木质部运输到地上部分。

烟草的芽有三种，顶芽、腋芽和不定芽。顶芽由胚芽发育而成，不断分化形成叶、茎、花和果实。腋芽生长于叶腋内，有正芽和副芽之分，在一定条件下腋芽萌发生长成烟杈，消耗大量养分和能量，生产上要抹除腋芽。

烟草的茎通常为不规则的圆形，烤烟品种的茎秆高度一般在1．0～1．5 m，构造可分为表皮、皮层和中柱三部分。

烟草的叶既是重要的光合器官，又是收获的经济产物，烤烟叶片为不定全叶，叶形多为不同程度的椭圆形。叶片由表皮、叶肉和维管束三部分组成，叶片上的腺毛分泌物与烟叶的香气有关。

烟草的种子很小，千粒重60～90 mg，圆形至椭圆形，黄褐色，核型胚乳，子叶两片，含有大量油滴和蛋白质结晶。

2．烟草的生长发育　世界烤烟生产大都采用育苗移栽，其一生可划分为苗床期和大田期两个阶段，一般苗床期在50～60 d，分为出苗期、十字期、生根期和成苗期。大田期120 d左右，可分为还苗期、伸根期、旺长期和成熟期四个阶段。从移栽至成活为还苗期，一般为5～7 d，该期主要是促进成活，提高成活率。从成活到团棵为伸根期，约30 d，生长中心为地下根系，该期以促进根系生长为主，做到上下兼顾。从团棵到现蕾打顶为旺长期，约30 d，该期以促进生长为主，以稳健生长为好。从现蕾打顶到采收完毕为成熟期，约60 d，该期以促进成熟、及时采收、控制生长，特别是控制腋芽生长和过剩生长为栽培管理的指导思想。

三、烤烟栽培技术

（一）育苗

烤烟育苗一般在移栽前50～60 d进行，要求育成适（适当时期育成适当大小的烟苗）、壮（健壮、无病虫害）、齐（生长整齐一致）、足（数量充足）的烟苗。目前生产上大都采用大棚托盘育苗和漂浮育苗（也叫营养液育苗）两种方式。苗床期管理措施主要是注重苗床消毒，控制温度和水分，保证营养充分，适时间苗定苗，适时剪叶锻苗，一般当烟苗达到8～10片真叶，10～15 cm高时即可适期移栽。

（二）烟田施肥

烤烟喜欢“少时富老来贫”的土壤环境条件，生产上需要测土施肥，氮、磷、钾配合施用，一般比例为1:2:3，在肥料种类上，硝态氮肥优于铵态氮肥，钾肥多为硫酸钾，一般禁用氯化钾。在施

肥方法上强调重施基肥，早施追肥。基肥通常占总肥量的2/3或更多，通常采用穴施、条施或双层施肥。追肥多数是氮肥和钾肥，一般在团棵前施完。

(三) 整地与移栽

选择适宜植烟的土壤，是烤烟优质适产的关键。烤烟一般要求土壤肥力中等的轻壤、沙壤土，土壤氯离子30×10^{-6}，土壤酸碱度为微酸性(pH为5.5～6.5)，排灌方便。

春烟整地要早而及时，生产上强调秋冬耕冻垡、早春及时抢墒整地。整地的方法主要有平作、垄作和畦作三种。北方烟区多采用垄作，一般早春解冻后抢墒整地起垄，垄高15～20 cm。

栽植密度主要受品种特性、自然条件和栽培技术的影响，一般行距100～110 cm，株距50～55 cm，每公顷栽培16 500～19 500株。黄淮海春烟区一般在4月下旬至5月中旬为适宜的移栽期。移栽时强调施好肥，浇足水，确保移栽成活率。

(四) 大田管理

1. 栽后保苗　烟苗移栽后5～7 d，便开始查苗补苗，确保栽后苗全、苗齐、苗壮。

2. 中耕、除草和培土　中耕可改善土壤水、肥、气、热状况，在还苗期以增温保墒、保苗为主，一般浅中耕；伸根期以通气促根除草为主，一般中耕深度逐渐加深，可达10 cm，中耕次数为2～3次；团棵后烟株进入旺长期，田间作业不便，一般只进行一次中耕，其目的是清除杂草、破除表土板结。

烟田杂草防除常常结合中耕进行，近年来化学除草发展较快，烟草上常用的除草剂有克草猛、氟乐灵、草乃敌、敌草胺等，应注意施用时期和方法。

培土是烟草生产上的特色措施，它有促进根系发育，防风抗倒伏，便于烟田排灌的作用，生产上一般分次完成，在团棵时进行最后一次培土，培土高度为15～25 cm。

3. 烟田灌排　烤烟大田四个阶段的需水规律是还苗期土壤水分为田间最大持水量的70%、伸根期60%、旺长期80%、成熟期70%，烟田水分不足时可适当进行灌溉，灌溉的方法主要有穴灌、沟灌和喷灌。

烟怕淹，烟草大田期水分过多的危害是严重的，轻者导致烟株生长不良，重者则萎蔫甚至死亡，因此烟田应注意排水防涝。

4. 打顶抹杈　打顶主要是消除顶端优势，减少养分的无谓浪费，提高烟叶产质，一般生产上从烟株现蕾至中心花开放为打顶的最佳时期，烟株生长过旺可晚打顶、轻打顶，否则可早打顶、重打顶，其目的达到平顶开片，生产大小、厚薄一致的烟叶，一般留叶数在18～22片。

烟株打顶后腋芽萌发形成烟杈，打顶不抹杈其对烟叶产质影响更大，生产上强调早抹、勤抹，一般腋芽在3～5 cm前就抹去，每5～7天抹一次。近年来，化学抑芽剂已逐渐替代手工抹杈，常用的抑芽剂有芽敌、克芽净、In－D、抑芽敏、止芽素及除芽通等，生产上应注意使用时期和剂量。

5. 防治病虫害　据估计在烟草生产上每年因病虫害所造成的经济损失都在15%以上，搞好病虫害防治为烟草栽培的重要环节之一。目前烟田主要的病虫害有：

烟草病毒病：主要有黄瓜花叶病和普通花叶病，生产上主要是选用抗病品种，避蚜防病，注意消毒和田间卫生等措施，使用的抗病毒药剂主要是金叶宝、植病灵、83－增抗剂等。

黑胫病的防治主要是采用轮作防病、注意田间排水等农业措施，药剂防治可用甲霜灵、杀毒矾、乙磷铝等，进行根部施药预防。

烟草地下害虫主要是蝼蛄、地老虎等，可用敌百虫、辛硫磷等做成毒饵诱杀。

烟芽的防治应以综合治理为主，药剂防治在移栽时穴施铁灭克或栽后用氧化乐果、避蚜雾等效果明显。

第十三节　糖料作物

一、甜菜

(一) 概述

糖用甜菜（*Bata vulgaris* L.）为制糖原料作物。国际上一般以含糖16%为收购标准。除了用以制糖之外，其副产品可以综合利用。糖蜜经发酵，或通过化学方法处理，可生产甲醇、乙醇(酒精)、丁醇、甘油、味精、丙酮等。还可制取三磷酸腺苷、金霉素、维生素B复合体、蛋白酵母片等药品，以及柠檬酸等。制糖后的滤泥含丰富的钙质和其他养分，可以作肥料，兼有中和土壤游离酸的作用。甜菜茎叶、青头、尾根和采种后残留的老母根是良好的多汁饲料。同时，甜菜还具有耐旱、耐寒、耐盐碱等特性，是适应性广、抗逆性强的作物。

据联合国粮农组织180年生产年鉴记载，全世界有45个国家种植甜菜，欧洲是世界甜菜的主产区。我国甜菜的主要产区分布在北纬40°以北的东北、华北和西北地区。黑龙江省种植甜菜面积最大，其次是吉林省，内蒙古占第3位。以下依次为新疆、河北、辽宁、山西、甘肃、山东、江苏等省(区)。

(二) 栽培技术

1. 整地与轮作　甜菜是深根喜肥作物，适于生长在地势平坦、排水良好、土质肥沃的平川地或平岗地。由于甜菜种球里的种子很小，故播前需精细整地、种床平整。

甜菜忌重茬和迎茬甜菜前作以小麦为宜，其次是玉米。

2. 合理施肥　施足基肥是提高甜菜产量和质量的关键之一，一般每公顷应施有机肥4.5×10^4～6.0×10^4 kg，过磷酸钙450～600 kg以上。种肥一般宜施用过磷酸钙，每公顷105～150 kg。如将过磷酸钙和细有机肥做成颗粒肥料施用，则效果更佳。追肥应在定苗后施用。每公顷甜菜可追施尿素120～150 kg，距根际10～15 cm开沟深施，最好结合中耕、灌水进行。生长后期还可用1g/L的硼砂或硫酸锰溶液进行根外喷肥。

3. 播种　应选取种球直径大于2.5 mm以上，发芽率95%以上，千粒重20 g以上的新种球作种子。为使机械播种下种流畅，应先将种子研磨，脱去部分木质化萼和外果皮，脱壳率以18%左右为宜。目前常用3 g/L溴化钾溶液或10 g/L小苏打溶液浸种，可显著提高产量和含糖率。为防治病虫害，还可用福美双和呋喃丹等药剂处理种子。

甜菜是耐寒性较强的作物，应在0～10 cm地温达到5～6 ℃时播种。为了保证全苗，每公顷用种量以15～22.5 kg为宜。甜菜播种方法分条播和穴播两种。甜菜种子粒小，吸水多，播种后一般要进行镇压。但覆土不可过厚，一般以3～4 cm为宜。

4. 合理密植　我国甜菜垄作区，以每公顷5.25×10^4～8.25×10^4株为宜，行距60 cm；平作区每公顷7.5×10^4～10.5×10^4株，行距40～50 cm。在实现机械化播种的地区，最好采用行、株

距等距离方形点播的行株距配置。

5. 田间管理　苗期要及时间苗，子叶期至一对真叶期为间苗适期，不应晚于2对真叶。条播甜菜应间成单株，穴播的每穴保留2～3株。间苗后一周定苗，每穴选留一株壮苗，条播的则按株距留苗。从出苗到封垄期，一般中耕3～4次，第一次中耕宜浅，第二次宜深些。中耕最好与定苗、灌溉、追肥结合进行。

甜菜叶丛形成与块根增长期，植株生长旺盛，需水量大，是主要的灌溉时期。特别是7月下旬至8月下旬，甜菜已进入块根快速膨大生长期，更是需水最多的时期，故应根据墒情灵活掌握灌水时间和灌水量。

甜菜生育中后期易感染褐斑病、黄化青病和白粉病，应及时进行药剂防治。同时在生育后期应杜绝人为掰叶，保护甜菜叶片是增产、提高含糖量的有效措施。

6. 适时收获　甜菜应在"工艺成熟期"进行收获。所谓工艺成熟期，是指块根增长基本停止，根中含糖率达到最高的时期。此时，植株外围叶片变成枯黄色，中层叶片呈现浅黄色，内层叶片散开，块根发脆，原汁纯度可达80%以上。

甜菜收获的方法很多，如甜菜收获机收获、挖松铲起收、甜菜叉或铁锨等起收。起收后的甜菜应按标准切削。切削的方法，可分一刀平削（以叶丛不散为准）和圆锥形切削。切削后的甜菜应及时运送糖厂，以免失水而降低原料的加工质量。切削下的茎叶和尾根等，要及时收集青贮保鲜，以提高饲料质量。

二、甘蔗

（一）概述

甘蔗（*S. officinarum* L.）是世界上主要的糖料作物。蔗茎中含糖分12%～19%左右。甘蔗有糖蔗和果蔗之分，糖蔗榨糖，果蔗蔗茎脆嫩多汁、清甜可口，适于鲜吃。蔗茎制糖后的副产品如蔗渣、废蜜、滤泥和田间残余物蔗梢、蔗叶等，是造纸、化工、食品和医药等的重要原料，同时又可作为饲料和多种食用菌的培养基。

世界上自37°N到35°S之间均有甘蔗种植，以南北纬25°间最多。世界上有90多个国家和地区种蔗制糖。

在我国，甘蔗本是典型的南方种植作物。近年来，河南、河北、山东甚至辽宁等省市引种获成功。采用地膜覆盖栽培和地热线育苗技术，为南蔗北种开辟了良好的前景。

（二）南蔗北种栽培技术

1. 品种选择　南蔗北种需选用工艺成熟早、生育期短、适于鲜食、高产、抗寒、抗旱、抗病的品种。

2. 茎段选择和处理　北方甘蔗生产，用茎段繁殖。种蔗在上床育苗之前要进行选芽。第一步是整条种蔗选芽，第二步是茎段选择，将带有烂芽、干芽、虫柱芽的部分剔除。为了节省用种，可砍成一芽茎段，下端节间要留长些。

砍好的茎段，先用清水浸泡1～2 d，然后用1%石灰水浸泡1天，最后用0.1%多菌灵溶液浸泡10 min捞出，以备上床育苗。

3. 育苗和移栽　地处北纬40°左右的京津各地，于3月上中旬育苗，4月上中旬移栽。京津

以南稍早些;京津以北稍晚些。育苗时,将茎段平摆,种芽朝上或向两侧;用砂土覆盖茎段,喷水。为增温保墒,在苗床上覆盖薄膜。

当幼苗长到4～5片真叶时,即可起苗,移栽至大田。移栽密度以每公顷2.25×10^4～3.0×10^4株为宜。

4. 田间管理和收获贮藏　为促进甘蔗生长和提高产量,移栽苗需覆盖地膜,按时浇水、追肥、中耕和培土。

北方甘蔗在霜降前后收获比较适宜,严防受冻。贮藏方式分窖埋、井贮、棚贮等几种。适宜温度为3～8 ℃,空气温度应控制在70%左右,同时需适当通风。

第十四节　饲料作物

一、概述

饲料主要有牧草和饲料作物组成。牧草(forage)指供家畜采食的草类。以草本植物为主,也有藤本植物、半灌木和灌木。栽培的牧草主要是禾本科牧草(grasses)和豆科牧草(legumes)。饲料作物是指收获子粒或茎叶喂饲畜禽的作物。

1. 牧草的类型　按植物学分类,有禾本科、豆科、菊科、莎草科、藜科、十字花科等。根据牧草生育期长短分为:① 一年生牧草。如毛苕子、紫云英、山黧豆、苏丹草等。② 二年生牧草。如白花草木樨、黄花草木樨等。③ 多年生牧草。多年生牧草根据寿命的长短又可分为:短寿牧草,平均寿命1～2年;中寿牧草,平均寿5～6年;长寿牧草,平均寿命为10年或10年以上。

2. 饲料作物类型　① 禾谷类饲料作物。包括燕麦、大麦、黑麦、小黑麦、玉米、高粱、粟等。是家畜优良的精料、青饲和青贮料。② 豆类饲料作物。主要有大豆、秣食豆、黑豆、豌豆、蚕豆、小豆等。豆类作物的籽实富含蛋白质,秸秆也是很好的饲料,直接用作家畜精料或加工副产品如豆饼、豆渣用作精料,其青绿植株也是家畜优良的青饲料或青贮原料,可直接放牧利用,或调制干草。③ 瓜类饲料作物。如饲用南瓜、佛手瓜等。④ 块根、块茎类饲料作物。块根类主要有甘薯、木薯;块茎类主要有马铃薯、菊芋、蕉藕。直根类主要有胡萝卜、甜菜、芜菁甘蓝等。⑤ 叶菜类饲料作物。这类饲料种类很多,其特点是茎叶特别发达,如千穗谷、根达菜(牛皮菜)、苦荬菜、饲用甘蓝、白菜、蕹菜(空心菜)、芥菜等。⑥ 水生饲料作物。为生长在水里或潮湿地的植物,如水浮莲、水葫芦、水花生、满江红、细绿萍、水竹叶、水芹菜等。

二、主要牧草、饲料作物栽培技术

(一) 紫花苜蓿、紫苜蓿

是豆科苜蓿属的一个种(*Medicago sativa* L.),多年生牧草。

紫花苜蓿原产中亚细亚,外高加索和伊朗一带。在我国栽培历史最悠久,是分布面积最广的优良牧草。

紫花苜蓿喜温暖半湿润气候，蒸腾系数较高，每形成1 g干物质需要850 g水。抗旱性强。在年降水量400～800 mm的地方和在半干旱地区灌溉条件下均可获高产。不耐水渍，地下水位高，土壤过于潮湿或雨后积水，再遇高温，则会引起烂根死亡。在年降水量100 mm以上而又排水不良的地区不宜种植。生长发育最适宜温度为25 ℃左右，温带和寒带均能生长，抗寒性较强。紫花苜蓿的根和越冬芽，能耐－20 ℃的低温，在有积雪覆盖的地方，气温达－40 ℃也能安全越冬。对土壤选择不严，但最适宜在中性的钙质壤土或沙壤土上生长。

紫花苜蓿种子小，幼苗生长缓慢，播前需精细整地，做到深耕细耙，并保持土壤水分。清除杂草、施足底肥。播种方式可条播、撒播或穴播，也可与禾本科牧草混合播种。播种时期最宜秋播，也可在土壤墒情好的春季或夏季雨期播种。在未种过苜蓿的土壤上，应接种苜蓿根瘤菌剂。苜蓿种子硬实率为15%～45%，播前可曝晒种子3～5 d或机械擦伤种皮。每公顷播种量7.5～15 kg，播深2～3 cm。苗期生长缓慢，杂草生长快，应进行中耕除草2～3次。对于2年生苜蓿早春返青前要进行一次耙茬松土，以改善土壤通气状况，保持水分，提高地温，促进生长。在寒冷半干旱地区种植苜蓿，可进行秋季灌水或施肥，提高苜蓿越冬率。用做青饲和调制干草，应在现蕾期至初花期收割。采种应在荚黄色至黑褐色时进行，可用机械脱粒，或用石磙碾压脱粒，种子产量150～300 $kg\cdot hm^{-2}$。

苜蓿用以放牧、青饲、调制干草、青贮料、干草粉或干草饼，以及打浆馈喂各种家畜、家禽、鱼均属上等草料。用于调制干草，应在初花期刈割，注意防止烈日曝晒而造成叶片脱落。苜蓿叶片最富营养，1 kg苜蓿干草的营养相当于1 kg麸皮的营养价值。用苜蓿调制青贮料时要加入含碳水化合物较多的禾本科牧草或糖蜜。放牧利用时对反刍家畜要适当控制采食量以防引起臌胀病，放牧反刍家畜最好是用苜蓿与禾本科牧草混播的人工草地。

（二）沙打旺（erect milkvetch）

豆科黄芪属的一个种（*Astragalus adsurgens* Pall.），又名直立黄芪、麻豆秧、地丁、薄地犟、苦草等。多年生草本，是干旱和半干旱地区重要的豆科牧草。可青饲、青贮、调制干草或放牧利用，牛、羊等家畜均喜食。老化后品质下降。也可用作绿肥，防风固少和水土保持。

沙打旺播种前需要精细整地，深耕耘耙，地面平整，无杂草。瘠薄土地每公顷应施厩肥15 000～30 000 kg做基肥。播期不限。要求土壤有充足的水分，春旱严重地区采用顶凌播种，易保全苗。可条播、撒播和穴播。条播行距30～40 cm，每公顷播量7.5 kg，播深1～1.5 cm。沙滩地、沙丘地采用撒播，播量12 kg。坡地、零星小块地可用穴播，每穴10粒种子。在干旱的荒山草原上用飞机大面积播种，宜在雨季进行，每公顷播种量3.75～7.5 kg。苗期生长缓慢，易受杂草抑制，苗齐以后应中耕除草。第二年春季发芽前用钉齿耙松土，返青后每次收割以后都要及时中耕除草，促进生长，以利再生。雨季注意排水，防涝，如发现菟丝子危害应及时拔除防治。危害沙打旺的病虫害有根腐病、白粉病、蚜虫等要及时防治。种植两年后每年可收割2～3次，青饲应在株高70～80 cm或每生长50～60 d收割一次，留茬高度5～10 cm。每一年每公顷可收鲜草2 500～30 000 kg，第二年后可达15 000～45 000 kg，第三年生长旺盛，产量高、品质佳，为饲用价值最高阶段。第四、五年以后，产量下降。沙打旺开花晚，花期长，成熟不整齐，成熟荚果易自行开裂落粒，当大部分茎枝下部果荚呈褐黑色时即可收获，每公顷产种子150～450 kg。

（三）白三叶（white clover）

白三叶属于豆科三叶草属的一个种（*Trifoium repens* L.），又名荷兰翘摇、白车轴草。多年生草本。草质好，各种家畜喜食。耐践踏，耐牧，为优良放牧型草。也是果园覆盖植物和城乡绿化用草。原产欧洲和小亚细亚，广泛分布于世界温带和亚热带高海拔地区大面积栽培，喜温暖湿润气候，生长适宜温度为 19～24 ℃。耐热性和耐寒性较强，耐酸性土壤，适宜的土壤 pH 为5.6～7，但 pH 低于 4.5 亦能生长。耐潮湿，不耐干旱。在频繁刈割或放牧时可保持草层不衰败。适宜在年降水量 1 000 mm 以上，夏季土壤干旱不超过 3 周以上的地区种植。

播前耕翻整地,消灭杂草,施有机肥和磷肥作底肥。北方暖温带地区宜春播,南方亚热带地区宜秋播。播前用根瘤菌剂接种。播种量每公顷 4.5～7.5 kg。条播行距 30 cm,播深 1～1.5 cm,亦可撒播。最宜与多年生黑麦草、鸭茅或苇状羊茅混播,建成高质量放牧用人工草地。苗期注意防除杂草,草层建植后,其竞争力很强。可通过放牧利用控制杂草。白三叶地上直立部分均为叶片和叶柄,其粗蛋白质含量高而粗纤维含量低,极富营养价值。干物质中含粗蛋白质 24.7%、粗脂肪 2.7%、粗纤维 12.5%、粗灰分 13.0%、无氮浸出物 47.1%、钙 1.72%、磷 0.34%。干物质消化率为 75%～80%。单纯的白三叶草地易引起反刍家畜的鼓胀病,放牧利用时要特别注意。

(四) 羊草 (chinese wild rye)

禾本科赖草属一个种（*Leymus chinensis*（Trin.） Tzrel)，又名碱草。多年生草本，用于放牧或调制干草。中国的东北平原是其分布的中心，华北、西北也有分布，是欧亚大陆草原东部特有类型。耐寒、耐旱、耐盐碱。广泛生长在开阔的平原、低山丘陵、河滩盐渍地。适宜的土壤为黑钙化栗钙土、碱化草甸土、柱状碱土，低湿地、砂地也有生长。能在各种环境中生长。

播前整地。夏季在雨季末播种。选择饱满而发芽率较高的种子。播种量每公顷 37.5～60 kg,行距 30～40 cm,覆土 2～3 cm。15～20 d 出苗。也可用根茎繁殖,选择健壮植株的根茎切成 5～10 cm 小段,每段保存两个以上的茎节,以 30～40 cm 行距,置入开好的沟内,覆土 3～4 cm。这种方法出苗快,成活率高,但不适于大面积种植。实生苗第一年生长慢,第 2 年萌发新枝,产生根茎,但产量较低,第 3 年方进入正常生长发育。若用无性繁殖的草地,第 2 年即旺盛生长。第 4～8 年可达生长高峰,每公顷产干草 3 750～4 500 kg,以后产量则下降。需进行重耙、浅翻、施肥、灌水、促进新根发育,保持旺盛生长。管理得好,草地可几十年不衰,若管理不好,利用过度,草地退化,产量下降,草丛低矮,杂类草增加。对开始退化的草地要及早进行封育、松耙、补播、施肥,改善环境条件,恢复其生机,仍可形成优良的草场。春季返青后,放牧利用,建立划区轮牧,依草地生长势和畜种确定轮牧周期,保留种子带,使其自然更新,刈割后的青草,及时晒干、打捆、供冬季畜群补饲。

(五) 苏丹草 (sudan grass)

禾本科高粱属的一个种（*Sorghum Sudanese*（Piper） Stapf.），是世界上普遍栽培的暖季一年生牧草。主要用于调制干草、夏季放牧、青饲或青贮。马、牛、羊均喜食，也是养鱼的好饲草。原产于北非苏丹，20 世纪 30—40 年代引入中国，现已遍布全国。在夏季炎热、雨量中等的地区均能生长。抗旱性强，适应土壤范围广，黏土、沙壤土、微酸和微碱性土壤均可栽培。

深耕 20 cm，耙细整平，每公顷施底肥 37 500～75 000 kg，磷肥 375～600 kg。当 10 cm 土层地温达 12～14 ℃，南方在 4 月上旬，北方在 5 月上旬播种。条播行距 40～50 cm。播种量 22.5～30 kg，播深 4～6 cm，播后镇压。苗期注意中耕除草，刈割后及时除草追肥、灌水，每次每公顷追氮肥 225～300 kg。再生性强，在北方每年刈割 2～4 次，每公顷产干草约 15 000 kg；南方刈割 5～8 次，每公顷产干草约 22 000～30 000 kg。生育期 100～130 d，当大部分茎秆上的种子成熟即可收获，每公顷产种子约 1 500 kg。

（六）多年生黑麦草（perennial ryegrass）

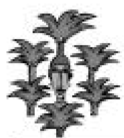
多年生黑麦草（*Lolium perenne* L.），又名宿根黑麦草。多年生草本。具有生长快，营养生长期长，质地柔嫩，产草量高，品质好，适口性好，耐牧等特点。可调制干草、青饲、青贮和放牧。乳牛、肉牛和羊、鹅、兔等喜食，也是鱼的好饲料，利用广泛。

选择排水良好的肥沃土壤播种。种子细小，耕前精细整地，使土壤细碎、畦表平整、保墒，以利出苗，每公顷施底肥 45 000 kg。长江流域及其以南地区，宜在 9—11 月秋播。湖南海拔 1 500～1 800m 山区 4 月中旬春播，当年刈割 3 次。条播，行距 15～30 cm，种子田 45～50 cm。放牧地宜撒播或密条播。每公顷播种量 15～22.5 kg。与红三叶、白三叶、鸡脚草等混播，其播量可减少 25%～30%。播深 2～3 cm，播后镇压。加强田间管理，苗期生长慢，易受草害，须抓紧中耕除草 1～2 次。或施用除草剂。在分蘖、拔节、抽穗期均需灌溉。苗期和每次刈后每公顷追施速效氮肥 300 kg。对肥力较差的酸性土壤，每公顷增施磷肥 150～225 kg 和钾肥 150 kg。种子田增施钙镁磷肥 225～300 kg 作基肥，中耕除草 2～3 次，进行田间去杂去劣。混播放牧地需加强轮牧管理，以及清除杂草、灌木，及时补播，防止退化。用敌百虫制成毒饵锈杀蝼蛄。留种田可用二硝散、灭菌丹、石硫合剂等杀菌剂，防治赤霉病和冠锈病。播前用 1%石灰水浸种。在分蘖盛期和拔节期，当株高达 40 cm 以上刈割，留茬 5 cm，以利再生。每年刈割 3～4 次，多者 5～6 次，每公顷产鲜草 45 000 kg，高者可达 75 000 kg。种子田可先割 1～2 次草，然后收种子。穗上部黄熟达 70%，选阴天或早晨收获，及时晒干扬净，贮存于通风干燥处。每公顷产种子 750～1 200 kg。营养生长期刈割青饲，适口性好，各类家畜喜食，尤其是鱼和鹅的好饲料。抽穗期刈割调制干草或青贮，饲喂牛、羊、兔等。草层高 30～40 cm 即可轮牧牛、羊。抽穗后产草量虽高，但营养成分降低，且影响再生和利用次数。

（七）串叶松香草（cup plant）

串叶松香草为菊科松香草属多年生草本植物（*Silphium perfoliatum* L.）。原产美国东部和南部草原地带。1979 年引入中国，现广泛分布于西北、东北及广西、江西等地区。抗寒性强。对酸碱性土壤反应敏感。pH6.5～7.5 的土壤生长良好。再生性强，耐刈割。

种子顶土能力弱，整地应精细，每公顷施有机肥 45 000 kg 及磷、钾肥。北方春播在 3 月下旬至 4 月上旬，夏播不应晚于 7 月上旬。在南方播期要求不严，秋播宜早不宜晚。刈划田每公顷播种量 3～7.5 kg。行株距 50 cm×40 cm。播深 2～3 cm。每公顷保苗 45 000 株。种子田每公顷播种量 1.5～4.5 kg，行株距 80 cm×80 cm，每公顷保苗 9 000 株。苗期生长缓慢，应及时除草。生育期间也需中耕除草。在北京地区每年刈割 2～3 次，第 1、2 次应在孕蕾期至初花期进行。刈后结合除草、灌水每公顷追施氮肥 700～800 kg，磷 120～135 kg，钾 700～750 kg，以利再生。种子成熟极不一致，应及时分批采收。在南方可刈割 1 次，再收种子。



思 考 题

1 简述小麦、玉米、棉花、花生、大豆、水稻、甘薯的生产概况和栽培技术。

2 小杂粮生产的重要性和主要小杂粮的栽培技术。

3 饲料作物有哪些类型？简述饲料作物生产的重要性和主要饲料作物的栽培技术。



蔬 菜 生 产

中国是世界上最大的蔬菜生产国和消费国。据 FAO 统计资料，2000 年，中国的蔬菜和瓜类收获面积 15 156×10^3 hm^2，占世界的 35.6%；产量 27 834×10^4 吨，占世界的 41.6%；设施蔬菜面积 1 500×10^3 hm^2；人均占有蔬菜 217 kg，为世界的 167.2%和 196.4%。中国已与 150 个国家和地区建立了蔬菜出口贸易关系，2000 年出口贸易量 314 万多吨，创汇 20.33 亿美元，位居世界第五；2000 年蔬菜进出口顺差 19.6 亿多美元，占整个农产品（种植业产品、畜产品、水产品）国际贸易顺差的 44.8%。

中国的蔬菜种类繁多，约有千余种，主要包括茄果类、瓜类、白菜类、葱蒜类、根菜类、薯芋类、豆类、食用菌类、芽苗菜类等，本章限于篇幅，只能介绍其中常见的几类。

第一节 茄果类

茄科植物中的果菜类称为茄果类，主要包括番茄、茄子、辣椒、人参果等蔬菜。这类蔬菜在国内外广泛栽培，在蔬菜生产和市场供应上均占有重要地位。

茄果类蔬菜均起源于热带，要求温暖的气候条件，不耐霜冻，在较强的光照和良好的通风条件下生长良好。这类蔬菜根系发达，有较强的吸收能力，在肥沃的土壤上容易获得高产，幼苗长到 2～3 叶时，苗端开始花芽分化。与此同时，从花芽邻近的一个或数个副生长点抽生侧枝代替主茎生长，形成“合轴”分枝。

茄果类蔬菜营养生长与生殖生长之间的矛盾较突出，采取合理的栽培技术措施，协调好二者之间的关系是取得高产的关键环节。

一、番茄

（一）概况

番茄（*Lycopersicon esculentum* Mill.）俗称西红柿，原产秘鲁等南美地区，是喜温性蔬菜，生长适温 25～28 ℃，温度低于 15 ℃，不能开花且授粉受精不良，长时间 5 ℃以下易引起低温危害，0 ℃致死。番茄根系生长最适土温为 20～25 ℃。番茄是喜光作物，光饱和点为 $70×10^3$ lx，光补偿点 2 000 lx。番茄是短日照植物。番茄根系比较发达，吸水力较强，对水分的要求属于半耐旱的特点。空气温度以 45%～55% 为宜。土壤 pH 6～7 为宜。番茄在生育过程，需从土壤中吸收大量的营养物质，生产 5 000 kg 果实，需要从土壤中吸收 K_2O 33 kg、N10 kg、P_2O_5 5 kg。

番茄可分为栽培型（包括普通番茄、大叶番茄、直立番茄变种）、半栽培型（包括樱桃番茄、李形番茄、梨形番茄及长圆形番茄等）及野生型亚种（包括总状番茄、醋栗番茄）。生产上常用的品种主要是栽培亚种及半栽培亚种中的樱桃番茄。根据栽培品种的生长特性，可分为有限生长型（自封顶）及无限生长型（不封顶）。有限生长型代表品种有早丰、东农 704、西粉三号、早魁等。无限生长型代表品种有毛粉 802、L402、R－144，139、亚蔬 6 号、圣女等。

（二）栽培技术

1. 露地春番茄栽培

（1）品种选择　早熟栽培宜选择早丰西粉 3 号、东农 704 等。优质高产栽培宜选用中、晚熟品种，达到优质高产目的。如毛粉 802、日本桃太郎、R－144、中蔬 10 号等。

（2）育苗　育苗每 667 m^2 用种量 15～25 g，育苗需在终霜前 55～65 d 进行，必须在塑料棚或日光温室内保护育苗。壮苗标准：苗龄 55～65 d，真叶 7～8 片，早熟品种株高 15～18 cm，中熟和晚熟品种 20 cm 左右，第一果穗开始出现花蕾，根系发达，叶色浓绿，无病虫危害。

（3）整地做畦施基肥　番茄根系发达宜深耕，耕翻前每 667 m^2 施优质有机肥 4 000～5 000 kg、过磷酸钙 70～80 kg、尿素 10～15 kg、硫酸钾 20～250 kg，通常将有机肥留出 20%～30% 与无机肥混合集中施用，其余有机肥均匀撒施于田间。然后整平地面作成平畦，宽 1.5m。

（4）定植　早熟栽培在小拱棚内定植，具有防霜作用，一般在终霜前 15 d 左右定植；露地定植应在终霜后进行。定植时 10 cm 地温应达到 10 ℃左右，早熟栽培为每 667 m^2 栽 4 000～6 000 株，中、晚熟品种 3 400 株为宜。栽后浇足定植水，然后覆盖地膜。小拱棚地膜覆盖栽培，栽后扣盖地膜小拱棚。覆膜前，每 667 m^2 用 48% 氟乐灵 150～200 g 兑水 50～60 kg，均匀喷布在畦面上，并混土 3～5 cm，耧平畦面，稍加镇压后覆膜。

（5）田间管理　地膜覆盖春番茄的田间管理应切实抓好“五防”（防止烤苗、寒苗，防止肥水短缺，防止中、后期草荒，防止密度过大，防治病虫害），还要特别注意做好防止落花落果。由于露地春番茄第一、二果穗开始坐果时，气温尚低，特别是夜间往往低于 15 ℃，影响番茄花粉生活力，不利于授粉受精，形成低温性坐果障碍，导致落花落果；生长中期，植株下部果实生长旺盛，可能形成营养竞争性坐果障碍，也会造成落花落果 进入后期，由于盛夏高温（夜温 22 ℃以上，日温 35 ℃以上）抑制花粉生活力，影响受精，形成高温性坐果障碍。可用 15～20 $mg·L^{-1}$ 的 2,4－D 蘸花，或用 40～50 $mg·L^{-1}$ 的番茄灵喷花 。一般早熟栽培每株留 3 穗果，晚熟品种每株留 4～6 穗果，最后一果穗上留二片叶打顶。每穗果坐住后，每穗果选留 3～4 个发育正常的果实。并及时打杈。从第一穗果坐住并开始膨大起，每隔 15 d 追施复合肥 40～50 kg/667m^2，并保持土壤湿润，以促进果实膨大，以提高产量和质量。

2. 越冬番茄栽培

（1）品种选择　越冬栽培是在一年中最寒冷的季节利用日光温室生产番茄产品。故应选用

耐低温、弱光，抗病及品质优良的中晚熟品种，如毛粉802、桃太郎、L402、R－144、139、圣女樱桃番茄等。

(2) 育苗　一般8月下旬至9月上旬播种，过早或过晚会易受秋延迟茬或早春茬冲击而影响价格。育苗时，种子应先在55 ℃水中浸泡15 min，再用0.1%高锰酸钾或10%磷酸三钠浸泡15 min，漂洗后催芽，并播于消毒过的营养土中。播后覆盖地膜，上盖小拱棚和防虫网，两侧离地面10 cm处卷起薄漠以利通风，一般3～5 d出苗。幼苗出土后要多见阳光，但要避免强光直射，气温超过30 ℃要遮花荫。出苗后7～10 d进行间苗，防止徒长，要定期喷药预防病虫害，并喷施2～3次叶面肥。

(3) 定植　如果小苗移栽，一般应在9月中、下旬定植。这时幼苗一般4～6片真叶，但不显花蕾，定植后容易成活。最好进行分苗，把3～4片真叶的幼苗分栽在10 cm见方的营养块内，在9月上旬～10月上旬幼苗长到8～10片叶，已显花蕾时定植。选晴天上午进行，株距40～50 cm，行距60～70 cm，每667 m^2约栽2 000株。定植后起垄，覆盖地膜，并浇透水，以利缓苗。

(4) 田间管理　① 温光管理：定植后棚内白天温度控制在28～30 ℃，尽量不超过33 ℃，夜间15～18 ℃，7～10 d缓苗后，温度适当降低，白天25～28 ℃，夜间14～16 ℃。开花结果后适当提高白天温度，以28～30 ℃为好，但夜温不可过高，13～15 ℃即可。整个生育期要加强光照。② 肥水管理：定植后至缓苗前一般不再浇水，缓苗后至开花结果前应尽量少浇水，以防徒长，这期间应尽量少施肥。开花结果后应加大肥水供应，并随水冲施复合肥30～40 kg/667m^2。③ 湿度：定植后至缓苗前应保持棚内较高湿度，以利缓苗，缓苗后通过放风降低棚内湿度，尤其开花结果期要保持较低湿度，以防病害发生。④ CO_2施肥：番茄开花结果期正是外界寒冷的12月份，通风不良，需补充CO_2，常用方法是用碳酸氢铵与稀硫酸反应放出CO_2，其废物硫酸铵可作为肥料使用。根据棚内容积大小，计算出各种原料用量，于晴天上午8:00～10:00施放，使CO_2浓度达800～1000 $\mu l \cdot L^{-1}$，增产效果十分明显。⑤ 植株调整：采用单杆整枝，每株保留5～6穗果后摘顶，可于中部保留一健壮侧枝代替主枝继续生长，还可留5～6穗果，要及时抹杈，后期及时打掉下部老叶病叶，以利通风透光，减少病害发生。⑥ 保花保果：番茄开花期正处于低温弱光期，坐果困难须用2,4－D 15～20mg·L^{-1}蘸花。每穗保留2～4个果实。

(5) 适时采收　越冬番茄可在元旦后成熟。若遇低温弱光，也可采用乙烯利催熟。把白熟期的果实摘下，用2 000～3 000 mg·L^{-1}乙烯利喷洒或浸蘸，保温25 ℃，注意通风，5～7 d即可变红。也可把植株上白熟的果实用500～1 000 mg·L^{-1}乙烯利涂抹，7～8 d后可变红，变红的果实5～6 ℃下可保存20 d左右，根据价格和市场需求可2,4－D随时上市。

二、茄子

(一) 概况

茄子(*Solanum melongena* L.)对温度的要求比番茄高，发芽适温25～30 ℃，最低发芽温度11 ℃。生育适温5～30 ℃，温度低于15 ℃或高于35 ℃则生长不良，易引起落花落果。茄子不耐荫，要求较高的光照强度。其分枝多，叶片大，蒸腾作用强，耐旱性差。根系对土壤通气性要求较高，排水不良时易引起沤根。高温高湿条件下，落花落果及病害严重；水分不足时易产生短柱花。茄子比较耐肥，苗期营养充足，尤其是磷肥充足有利于提早花芽分化。

茄子可分为圆茄、长茄及矮茄三个变种。生产上常用的品种有:五叶茄、六叶茄、安阳紫圆茄、丰研 1 号等圆茄;农友长茄、吉茄 1 号、龙茄 1 号、北京灯泡茄、荷兰若多娜、瑞马等长茄。

(二) 栽培技术

1. 春露地栽培

(1) 育苗与栽植　1 月下旬～2 月上旬温室播种,1 个月后分苗至阳畦;也可 2 月中旬～3 月上旬在阳畦内育苗。苗龄 90～100 d。待 10 cm 地温稳定在 12 ℃以上,终霜后即可定植。定植前施足基肥,一般平畦栽培,株行距因品种而异,早熟品种为 (40～45) cm×40 cm,中晚熟品种 (60～70) cm× (40～50) cm。

(2) 田间管理　定植后 5～7 d 浇缓苗水,中耕 1～2 次,蹲苗 15～20 d;坐果后开始追肥浇水,以后每 7～10 d 浇一次水。茄子不耐涝,雨季要注意排水,雨后及时追施少量氮肥,有促进根系生长,防治沤根。每采收一层果追一次肥,结果中后期可叶面喷施 0.2%尿素和 0.3%磷酸二氢钾。

茄子每一次分枝结一层果实,按果实出现的先后顺序,习惯上称之为门茄、对茄、四母斗、八面风、满天星。但实际上,只有 1～3 次分枝较有规律。茄子茎能直立,整枝方法有多种:在三层果上留两叶打顶,以集中养分结果;在两层果以上,只留一半枝条结果,三层果实后留 1 叶打顶,全株共留五个果;也可在门茄以上实行单干整枝,加大栽植密度,提高早期产量。秋茄子采用避旺堵淡的整枝法,即收三层果后,茄子大量上市期,剪去第二层果上部的枝条,使其暂停结果,进行伏歇。剪枝后施肥浇水,促其萌发新枝,留一个壮枝,结两个果后打顶。8 月中下旬开始收二茬茄子,直到 9 月中下旬拉秧。摘除衰老叶片,以利通风透光。

2. 冬暖大棚茄子栽培

(1) 育苗与定植　冬暖大棚茄子一般在 10 月中旬播种,播种可在育苗盘或育苗床进行。播种量为 15～20 g/m²,播后覆盖 1 cm 厚的土,然后覆盖地膜,出苗后及时撤除地膜。当幼苗 2～3 片真叶时分苗,5～6 片叶时可栽植。定植前大棚要进行消毒,可按每 m² 空间用硫磺 4 g 加 80%敌敌畏 0.1 g 和锯末 8 g,混匀点燃,密封消毒一昼夜后大通风。每 667 m² 大棚施入有机肥 5 000 kg,并进行深翻整地。可采用大小行垄栽,小行距 60 cm,大行距 80 cm。定植时先按大小行开 5～6 cm 深的沟,然后按 38～40 cm 的株距栽苗,每 667 m² 栽植 2 500 株左右。先浅覆土后浇水,经日晒地温升高后,再培土成垄,最后覆盖地膜。

(2) 定植后管理

① 温光管理。茄子喜高温,苗期抗寒能力弱,定植至缓苗前一般不通风,晚上要加扣小拱棚以提高温度,促进缓苗。缓苗后白天保持 25～30 ℃,夜间保持 15～20 ℃,可短期耐受 10～13 ℃。这可在大棚脊部扒小口排湿换气。开花结果期一般在二月中旬以后,这时天气开始转暖,白天温度保持在 25～30 ℃,夜间 18 ℃左右,地温保持在 15 ℃以上。阴雨天可比常规管理低 2～7 ℃,久阴突晴,要注意中午回苫遮阳。以后随外界温度的逐渐升高,要加大通风量,5 月下旬后可昼夜通风。② 肥水管理。茄子定植后天气较冷,一般浇足缓苗水后门茄瞪眼 (即门茄核桃大时) 开始浇水,在地膜下进行暗灌。3 月中旬后温度升高,地温达 18 ℃以上时,明暗沟都可灌水,灌水后要通风排湿。灌水一般在上午进行,随着天气转暖,以后每 5～6 d 浇一次水。③ 整枝。冬暖大棚茄子在四母斗形成后即枝繁叶茂,易造成通风不良的状况,因此需进行整枝。目前多采用双干整枝,即在对茄形成后,剪去两个向外的侧枝,形成向上的双干,以后的侧枝全部打掉,待结

到7个果后进行摘心,促进早熟。若要进行延迟栽培,可在7个茄子收获后,从主干距地面10 cm处剪下,然后进行松土、追肥和灌水,促进萌发新的枝条,选生长健壮枝条再进行双干整枝,可延迟生长到次年12月上旬。④ 生长素处理。为防止落花和产生畸形果,可用2,4－D25～35 mg/L或40～50 mg/L的防落素溶液,涂花或蘸花,选晴天上午无露水时处理较好。

(3) 采收　早熟茄子品种,开花后20～25 d既可采收嫩果。门茄应适时早采。

三、辣椒

(一) 概况

辣椒(*Capscium annuum* L.)为茄科辣椒属一年生或多年生植物,别名番椒、海椒、秦椒、辣茄等。原产于中南美洲热带的墨西哥、秘鲁等地。辣椒发芽适温为25～30 ℃,低于15 ℃不能发芽。幼苗生长要求较高的温度。白天24～26 ℃,夜间18～20 ℃。开花结果初期以日温20～25 ℃、夜温15～20 ℃,盛果期适当降低夜温有利于结果。初花期植株开花授粉适温为20～27 ℃,低于15 ℃,植株生长缓慢,难以授粉,易引起落花落果。高于35 ℃,花器发育不全或柱头干枯不能受精而落花。辣椒既不耐旱也不耐涝。初花期温度过高及空气干燥,易引起落花落果。甜椒及长角椒品种要求排水良好的肥沃土壤,若营养不良,氮不足或过多均会影响营养生长及营养分配,导致落花。短锥椒品种适应性较强。辣椒为中光性植物,只要温度适宜,营养条件良好,光照时间长短对开花及花芽分化影响不大。

辣椒可分为5个变种 樱桃椒类、圆锥椒类、簇生椒类、长椒类、甜柿椒类。根据果实特征,可将辣椒栽培品种分为三个类型 ① 甜椒类。优良品种如茄门甜椒、中椒4号(杂种一代)、鲁椒1号、农大40号等适于露地栽培,双丰(杂种一代)、甜杂1、2号(杂种一代)以及各种彩色椒类型等适于设施栽培,也可露地栽培。② 长角椒类。优良品种如湘椒1号(原名湘研1号、杂种一代),湘研10(杂种一代)、早杂2号(杂种一代)、洛椒1、4号等均为适于保护地栽培的早熟品种,中熟一代杂种如苏椒2号、保加利亚椒等也适于保护地早熟栽培。③ 短锥椒类。如咸阳七星椒,泗水小辣椒等。

(二) 栽培技术

1. 辣椒露地栽培　辣椒是高产蔬菜,为保证丰产,露地栽培应选择中晚熟、抗病性强的中椒5号、茄门甜椒、农大40、苏椒5号、早丰1号等,可采取直播和育苗移栽两种方式。由于育苗移栽能早定植、省种子,并能提高土地利用率,所以较多采用。

(1) 育苗　将种子于55 ℃的温水中浸种10 min,之后在30 ℃水中浸种24 h,并于25～30 ℃催芽约4～5 d,出芽率达60%～70%时即可播种。播前床土灌水量不宜过大,播后均匀覆土0.5～1.0 cm,出苗期间土温以24～25 ℃为宜。

育苗床的温度管理是培育壮苗的关键。种子发芽时应维持较高的温度,以保证出苗整齐,日温30 ℃左右,夜温18～20 ℃。幼苗出齐、子叶展平后,适当降温,日温22～25 ℃,夜温16～18 ℃,以防幼苗徒长。

分苗于幼苗3～4片叶时进行,双株分苗,株行距均为10～12 cm。分苗后7 d内维持较高温25～30 ℃,促进根系恢复生长。待幼苗新叶长出后,通风降温至22～25 ℃,防止幼苗徒长。待幼苗长至8～10片叶显花蕾时即可移植。定植前10～15 d,温度降至15～20 ℃,进行低温锻炼。

(2) 定植　定植前土地要深耕，并施入优质有机肥 5 000 kg/667 m² 以上、过磷酸钙50 kg。辣椒栽培采用大小行垄栽，每垄栽两行，行距为 50～60 cm，穴距 25～30 cm。辣椒多采用双株一穴定植，以利于抵御风害，提高早期产量。定植应于晚霜过后，10 cm 土温稳定在 15 ℃时进行。

(3) 田间管理　辣椒具有喜温、喜水、喜肥，并且高温易得病，水淹易死秧、肥多易烧根的特点。结果前期以营养生长为主，因此主要抓好促根、促秧。刚定植时气温低，地温也低，幼苗根系又弱，故应大促小控，轻浇水、早追肥、勤中耕、小蹲苗，以促进缓苗发根。追肥以氮为主，并配合施入磷、钾肥。盛果期发棵与结果同时进行，是决定产量高低的关键时期，所以应做到促秧攻果。为防止植株早衰，第一层果（门椒）要及早采收，及时浇水、追肥，可于每次采收后追施复合肥或腐熟人粪尿，以利植株继续生长和开花坐果，并争取能在高温雨季到来前封垄。封垄前应培土保根以防雨季植株倒伏，结合培土，可追施优质有机肥如饼肥等。高温雨季地表高温会抑制辣椒根系的正常生长，并会诱发病毒病的发生与蔓延，所以该阶段要保根、保秧、保持土壤湿润。雨后及时排水，浇清水降低土温，防止根系衰弱。雨季土壤养分淋失较多，可于 7 月上旬追施硫酸铵，并注意及时除草。结果后期，高温雨季过后 8—9 月份气温逐渐降低，日照充足，适合辣椒生长，所以应加强肥水管理。追肥与浇水可交替进行，追施速效化肥，天凉后追施稀粪水，以利促发新枝，多结果，形成第二次结果盛期，增加后期产量。

2. 冬暖型大棚越冬栽培　这一茬辣椒的结果期恰好处于冬春低温，光照不足的季节，故应选择抗逆性强、耐低温耐弱光的品种。如皮卡多、白公主、紫贵人、桔西亚、圣方舟等五彩椒、洛椒 4 号、苏椒 5 号、保加利亚辣椒、中椒 5 号、羊角青、羊角黄等。

播种育苗时间从 8 月中旬至 9 月上旬均可，9 月上旬至 11 月上旬可适期定植。与其他栽培形式相同，也需要培育优质健壮幼苗，定植时第一朵花应现蕾。栽植密度 2 000～4 000 株/667 m²，依品种的长势而定。

管理要点　① 定植后缓苗期间需较高气温，所以应在定植后采取短期遮荫，然后闭棚提高温度等办法，以加速缓苗。同时也应适当通风以降低棚内湿度。② 当棚内夜温降至 18 ℃以下时，夜间加盖草苫保温，白天适当通风，将棚温控制在白天 25～30 ℃，夜间 16～18 ℃。③ 冬前以控温壮棵为主，生长期适温白天 26～27 ℃，夜间 15～18 ℃；结果期适温，白天 25～29 ℃，夜间 16～18 ℃。草苫以早揭晚盖为宜，以保证植株接受较长时间的日照。冬前追施一次有机肥，如 100 kg/667 m² 腐熟饼肥或 15～20 kg/667 m² 复合肥。④ 冬季应注意保温，适当早盖草苫，保持棚面清洁，保证进光量。门椒开花时，可用 15～20 $mg \cdot L^{-1}$ 2,4－D 涂花柄以防落花落果。⑤ 中、后期管理　冬季过后，气温回升，应注意通风排湿，果实及时采收。下部老叶、黄叶要及时摘除，并依植株长势适当去除过多分枝，以利通风透光。结合采收，进行浇水追肥。后期气温升高，可逐步撤除地膜、棚模，进入露地管理。

3. 其他茬口　除上述茬次外，春季塑料拱棚栽培、秋延迟栽培及露地越夏栽培生产上也较常采用。其育苗播种时间分别为 12—1 月、7 月和 4—5 月。

第二节　瓜类

瓜类蔬菜属葫芦科，包括黄瓜、西瓜、甜瓜、南瓜、笋瓜、西葫芦、冬瓜、丝瓜、瓠瓜、佛手瓜、蛇

瓜等，它们在植物分类上分别属 9 个属，10 多个种。

瓜类原产于热带和亚热带，在形态和生态方面有许多共性。在形态上，瓜类作物根系发达，但易木栓化；茎多为蔓性，有卷须，节上可生不定根；花单性或完全花，异花授粉。栽培上宜采用育钵育苗，可行支架栽培或爬地栽培，并注意及时整枝，可采用人为手段控制瓜类雌雄花的分化。

瓜类对生活条件要求上，均喜较高的温度，极不耐寒，喜大温差，要求有较高的光照强度和较长的日照时数，喜中性至微酸性的壤土或沙壤土。

瓜类作物有相同的病虫害，常见病害有白粉病、霜霉病、枯萎病、灰霉病、炭疽病、病毒病、叶枯病、根结线虫病等；常见虫害有蚜虫、白粉虱、红蜘蛛、美洲斑潜叶蝇及瓜亮蓟马等。

一、黄瓜

(一) 概况

黄瓜（*Cucumis sativus* L.）原产于印度、尼泊尔、锡金以至西藏山南地区、云南横断山脉一带。是典型的喜温作物。生育适温为 15～32 ℃，夜间 15～18 ℃为宜。黄瓜不耐寒，10～13 ℃停止生长，超过 −1～0 ℃则受冻害。种子发芽适温为 28～32 ℃。黄瓜根系的适温范围为 20～25 ℃，低于 20 ℃根系的生理活动减弱。黄瓜喜强光又耐弱光，属中光性植物。黄瓜光合作用的补偿点约为 2 000 lx，饱和点约为 55 klx。黄瓜在红光和蓝光下，光合强度较高。红光促进茎叶生长，影响发育；而蓝光则抑制生长，促进黄瓜的性型分化。短日照和低夜温促进雌花分化。黄瓜为喜湿植物，适宜空气相对温度为 60%～90%。土壤相对含水量 60%～70%为宜。黄瓜喜富含有机质的肥沃壤土。黏土发根不良；沙土发根较旺，但易老化。适宜 pH5.5～7.2。黄瓜每生产 100 kg 果实吸收氮 N280 g、$P_2O_5$90 g、K_2O990 g、CaO310 g、MgO70 g。

黄瓜可分为两大类型，即华北系统和华南系统。① 华南类型。是由原产地传至西南、华南各地经长期驯化而成，多数品种对日照敏感，要求短日照，喜温暖湿润。表现叶大节间短，茎粗，根系大，果实短粗，长 20～30 cm，皮较硬，无棱，刺瘤稀，果肉脆嫩，风味品质好。如云南昭通大黄瓜、上海杨行黑刺、广州二青黄瓜等均属此类型。② 华北类型。2 000 年前由新疆或波斯传入我国北方，经长期驯化而成，该类型黄瓜茎节较细长，叶薄而棱角明显，根群稀疏，再生力弱。经长期选育，该类型又形成了春黄瓜、夏黄瓜、秋黄瓜三种生态型。常用保护地品种有：新泰密刺、长春密刺、津春 3 号、津优 1 号、碧春、中农 5 号、农大 14 等。常用露地品种有：津绿 4 号、津春 4 号、津杂 2 号、夏丰 1 号等。

(二) 栽培技术

1. 露地栽培

(1) 选用优良品种　适于春露地栽培的品种应具有适应性强，苗期耐低温，抗病，早熟等特性。目前主要有津春 4 号、津研 4 号、津杂 2 号等。

(2) 培育壮苗　露地黄瓜一般在 3 月中下旬采用阳畦或大棚育苗，苗龄 35 d。采用营养土块或营养钵育苗法。种子处理及播种按常规进行。

出苗前苗床温度控制在 28～30 ℃。出苗后适当通风，昼温 25～28 ℃，夜温 15 ℃。第一片真叶展平后至定植前 7～10 d，温度白天控制在 20～25 ℃，夜间 12～15 ℃。这段时间气温虽逐渐回升但不稳定，要注意及时通风降温去湿，通风时应防止“闪苗”。

定植前 7 d 浇水并切块，之后逐渐增加通风量进行低温锻炼。定植前 3 d 除去所有覆盖物，注意避免霜冻为害。

(3) 整地、做畦、定植　选择前茬未种瓜类的地块，每 667 m^2 施 5 000 kg 腐熟有机肥后深翻、耙平，按 1.2～1.5 m 宽做畦。当 10 cm 地温稳定在 12 ℃以上时，选择晴天定植。定植时先开沟，沟内按 667 m^2 施入复合肥 50～100 kg，掺匀后按 20～25 cm 株距栽入幼苗，每 667 m^2 栽 3 500～4 000 株。覆土后随即浇透水。

(4) 定植后至结瓜前期管理　定植后 3 d 浇 1 次缓苗水。缓苗后至第一雌花开放前，一般不浇水，多次中耕划锄，并注意防止“烧根”、“沤根”。

根瓜坐住后大追肥，施腐熟的圈肥 1 000 kg/667 m^2，开沟施于畦埂两侧，然后浇水。水渗后插入“人”字架，绑蔓。此后每隔 3～4 叶绑一次蔓，绑蔓时摘除卷须。根瓜以下不留侧枝。

(5) 结瓜盛期管理　黄瓜生长迅速，每 1～2 d 采收一次。每采收 1～2 次需浇水一次。浇水时间宜在清晨或傍晚。每采收 2～3 次瓜追一次肥，每次 667 m^2 施 20 kg 尿素或腐熟厩肥 500 kg。蔓长至架顶时摘心，停水几天后施尿素 20 kg/667 m^2，并浇水促使侧蔓发生。侧蔓生出后，留瓜、摘心，促回头瓜的生长。

2. 日光温室越冬栽培

大棚黄瓜越冬栽培必须在结构合理，保温性能良好的冬暖式塑料大棚内进行。一般为 9 月上旬—10 月中旬播种育苗，10 月中旬—11 月中旬定植，11 月下旬开始采收，6 月中、下旬拔秧，整个生育期长达 9 个月。适宜越冬栽培黄瓜的品种有津春 3 号、新泰密刺、津优 1 号、山农 5 号、长春密刺等。

培育适龄嫁接壮苗是越冬黄瓜栽培高产的关键。越冬黄瓜的壮苗标准是：苗龄 35 d 左右，幼苗达四叶一心，叶片深绿色、肥厚，茎粗，节间短，根系发达，子叶完好，株高 10～15 cm，无病虫危害。常用砧木为新土佐南瓜、黑籽南瓜等。黄瓜的嫁接方法有靠接和劈插接法，以靠接法为多。嫁接苗达上述壮苗标准时即可定植。露地育苗时，必须于定植前 10～15 d 扣上棚膜，以利整地、造墒和提高地温。如在棚内嫁接育苗，棚膜须于 9 月底前扣上。

扣棚后要及时整地、深翻 30 cm，整平，晒垡后开深沟浇水造墒，使深层土壤吃透水，从而减少冬季浇水次数和保证冬季需水。浇水后进行高温闷棚，午时棚内温度达 50 ℃以上，以杀灭棚内及土壤中的虫、卵及病菌。闷棚 5～7 d 后通风散湿，降低棚内空气湿度。

黄瓜根系较弱，吸肥能力差，生长周期长。为此，应以施足基肥，每 667 m^2 施 5 000 kg 腐熟的优质厩肥，腐熟鸡粪 2 000 kg，三元复合肥 100 kg 或磷酸二铵 100 kg，硫酸钾 50 kg。以上肥料一半均匀撒施于全棚，一半集中施于小高垄下。

采用南北向双高垄地膜覆盖，一般可提高地温 2 ℃左右，可减少土壤水分蒸发，降低棚内温度。双高垄的规格为垄高 15 cm，垄宽高 30 cm，小垄间距 20 cm，大垄间距 50 cm。定植要选晴天午后光弱时，顺垄开沟浇水后定植。培土深度以保持苗坨与垄面相平为准，不要使秧苗嫁接切口接触地面，以免黄瓜接穗产生不定根。定植时每小垄一行，株距 28 cm，每 667 m^2 3 700 株。嫁接苗可稀一点，自根苗可稍密。

定植后缓苗期间，白天保持棚温 28～30 ℃，夜间 15～18 ℃，10 cm 地温 18 ℃以上。黄瓜定植后进行 1～2 次中耕划锄，提高地温，增强土壤的通气性，利于幼苗发根。然后覆盖地膜，盖地膜时要将植株基部的地膜孔，用干细土压严，防止膜下热气从地膜孔间放出，伤害幼苗。

此期植株应以锻炼为主，温、湿度的管理上，要比缓苗期间稍低，白天大棚内气温控制在24～28 ℃，夜间12～18 ℃空气湿度白天70%，夜间80%～90%。此期草苫早揭晚盖，增加见光，加强通风，并尽量少浇水。浇水前可在双高垄外侧开沟，每667 m^2 施入豆饼100 kg，尿素15 kg，封沟后顺大行浇水，水量以能浸湿垄顶为宜。

黄瓜植株缓苗后，进入伸蔓期，应及时吊蔓，以后随植株生长不断缠蔓。为避免养分消耗，及时去卷须和雄花。

大棚越冬黄瓜进入深冬季节后，白天在弱光条件下保持18～20 ℃，中光条件下22～24 ℃，强光条件下26～30 ℃，夜间温度15～18 ℃，最低不低于10 ℃。草苫的揭盖应掌握适当，即早晨太阳光照到棚面半小时后揭开，下午要提早盖草苫，视天气情况于3时半至4时半进行覆盖。此时期夜间还要在草苫上加一层塑料薄膜，起保温、防雨、防雪作用。若遇雪天，应随时清扫积雪，以防压塌棚架。雪后天晴时，棚上草苫不能骤然全部拉开，要间隔拉，只有植株不发生萎蔫，方可全部拉开。此阶段棚内温度虽然较低，但也要于中午进行短时通风、散湿、换气。

深冬季节，由于棚温低、光照弱，植株的生长量、水分的蒸发量与蒸腾量均小，所以需水量较少。在一般年份，至春节前只进行2次浇水追肥即可，第1次约在12月中、下旬，可随水冲施一次磷酸二铵，每667 m^2 用30 kg。第2次约在2月上旬可水冲施部分有机肥，一般每667 m^2 施麻酱渣100 kg。此期浇水追肥一般只在小行间进行。浇水的前一天要喷药预防霜霉病等病害。浇水后要提高棚温及放风排湿。

冬季大棚较少通风，棚内 CO_2 浓度较低，光合能力下降，产量较低。为提高冬季产量，进行 CO_2 施肥效果明显。目前生产上多采用过量稀硫酸加碳酸氢铵反应法，每次碳酸氢铵用量可按5～10 g/m^2。二氧化碳施肥过程中，应注意施用时间与用量。一般情况下于是出后半小时至通风前施用为宜。但要注意阴、雨、雪天、气温低时不宜施用。

此间植株调整除进行吊蔓、打卷须、去雄花外，还应疏瓜。

2月份后气温逐渐升高，光照逐渐增强，光照时间也逐渐加长。棚内白天温度保持30 ℃，14:00后气温逐渐降低，至18:00降至20 ℃左右，至次日日出前保持在13～15 ℃。此间空气湿度白天控制在75%～80%，夜间在85%～90%。一般上午在揭开草苫后，可进行短时间的通风散湿，然后闭棚提温。

随着外界气温逐渐回升，植株生长加快，应增加浇水次数，自2月下旬至3月下旬，一般7～10 d浇一水，4月初至拉秧期间4～6 d浇一水。浇水应选连续的晴天进行。为延缓植株衰老，应每隔一水追一次肥。化肥用量每667 m^2 每次施用尿素10～20 kg，或磷酸二铵10～20 kg，间隔一次施用硫酸钾10～15 kg，对壮秧促瓜效果明显。

本阶段除吊蔓、去卷须、去雄花、疏瓜等工作外，由于植株底部叶片开始老化，应及时打去。落下的蔓要有规律地盘布于垄的上部，防止损伤及水浸。

黄瓜生理障碍主要有花打顶、茎蔓疯长、畸形果等。花打顶的发生主要是育苗期间温度偏低，定植后养分、水分不足及地温低等原因引起。茎蔓疯长是由于氮肥供应过多，浇水偏多和坐果不好而引起的营养生长过旺。畸形果有弯曲、大肚、尖头、细腰和裂果等表现，引起的原因包括低温或高温、肥水供应不足、植株营养状况不良，同化机能下降和水分供给不均衡等，可分别针对引起的原因，通过实施不同的栽培措施而避免。

此外，黄瓜除春露地、冬春日光温室栽培外，春保护、秋延迟。夏秋露地栽培等也是主要生产

茬口。

二、西瓜

(一) 概况

西瓜(*Citrillus lanatus* Mansfeld)原产为非洲热带草原。于五代时引入中国。西瓜喜高温、干燥、不耐寒,0 ℃致死。西瓜种子 16～17 ℃开始发芽,最适 25～30 ℃。西瓜生长的低温界限是10 ℃,最高40 ℃,以25～30 ℃最适宜。西瓜光补偿点约为1 500 lx,光饱和点为80 klx。每天的日照时数要求 10～12 h。西瓜是需水量多的作物,一株西瓜一生耗水约 2 000 L 左右,但其对空气湿度要求较低,空气湿度以50%～60%为宜。西瓜对土壤适应性广,但以土层深厚,排灌条件良好的沙性土壤上栽培最为适宜。西瓜适宜的pH5～7。西瓜整个生育期对钾需要量最大,氮次之,磷最少,三者比例为 3.28∶1∶4.33。

栽培西瓜可分为果用和籽用两类。果用西瓜依果型大小可分为特小型亦叫迷你型(1 kg 以下)、小型(1～2.5 kg)、中型(2.5～5.0 kg)、大型(5.5～10.0 kg)和特大型(10 kg 以上)4 类;以果实形状可分为圆球形、椭圆形和枕圆形;以果皮颜色分为黄、绿、深绿、墨绿及黑色皮,另有单色皮、网纹及花皮;以瓤色可分白、黄、粉红及大红;以籽的多少分为有籽、少籽及无籽瓜;以生态型还可分为华北生态型、华东生态型、西北生态型及华南生态型。目前,生产上常用的品种有:京欣1号、开杂 12、西农8号、丰收2号、金钟冠龙、郑杂5号、郑杂9号、宝冠、8155、聚宝1号、红优2号、庆红宝、农友新1号、小兰、虞美人、特小凤等。

(二) 栽培技术

1. 春露地栽培

(1) 整地、作畦及施基肥　栽培西瓜最适宜的土壤是砂壤土,但西瓜对土壤适应性广,生荒地在增施基肥的基础上便可获得高产。西瓜对轮作换茬要求严格,切忌连作,一般轮作期为 5～7 年。西瓜整地应先深耕一遍,然后再挖瓜沟,瓜沟又叫丰产沟。一般冬前挖好,以风化土壤和杀死地下害虫。瓜沟行距 1.8 m或3.6 m,沟宽 50～80 cm,深40 cm,将 20 cm以上熟土放在沟南侧,20 cm以下生土放在沟北侧,施肥后先放回生土再放回熟土。基肥的施用一般按土壤肥力来定,中等肥力土壤 667 m^2 施 3 000～4 000 kg土杂肥,加饼肥 100 kg,过磷酸钙 50 kg,硫酸钾 25 kg或三元复合肥 50～80 kg。厩肥的使用方法是一半撒施,一半沟施。饼肥和化肥调匀后,作畦前施入瓜沟表层土壤中。畦式多采用平畦和锯齿畦,栽培畦作好后于定植前 10 d扣地膜提高地温,铺膜的种类可选择无色透明膜和黑膜。

(2) 播种、育苗与栽植　露地西瓜依各地习惯,可直播也可育苗,育苗有子叶苗和大苗(4片真叶)两种形式,为保证成苗率以育大苗为宜。直播于终霜前1周,4月中旬前后进行。育苗时华北地区可在3月中下旬播种。可采用塑料营养钵、纸钵、塑料筒、营养土块等法育苗。西瓜春露地定植时间以终霜过后,10 cm 地温稳定在 14 ℃以上时进行。栽植密度为:中早熟品种 800～1 000 株/667 m^2,晚熟品种 700～800 株/667 m^2。栽植后浇透水。

(3) 植株调整　西瓜的植株调整包括整枝打杈、压蔓等。① 露地西瓜可采用单蔓、双蔓和三蔓整枝。单蔓整枝可用于微型瓜但较少使用,双蔓和三蔓整枝用于中、晚品种。② 压蔓的作用一是防止大风吹断秧蔓划伤幼瓜,二是人工调节茎叶田间分布,防止叶片相互重叠,提高光能

利用率，三是促进茎节上产生不定根，扩大根系面积。压蔓有土压和树枝杈固定等方法，压蔓应于座瓜节位前、后3～4节处。

(4) 留瓜护瓜　露地西瓜以主蔓15～20节，第2或3雌花留瓜为宜。于开花当天7～8 h人工授粉。每株的留瓜个数依品种、栽培形式，栽培密度而异，一般中果型品种双蔓整枝留一瓜为宜，小型品种如黄小圆、红小玉留2～3瓜。为防雨水浸泡和病菌侵染，露地栽培中在瓜拳头大小时松蔓顺瓜用麦秸和草圈垫瓜，果实定个后每3～5 d翻瓜一次，后期注意用侧蔓和麦草盖瓜，防日晒和雨后炸裂。

(5) 采收　北方地区多于7月初开始收获上市，7月中下旬为上市高峰期。正确判断西瓜成熟度，是保证产品质量的关键。西瓜的成熟可从以下几点鉴别：① 插杆标记。授粉时每隔2 d插不同颜色小杆标记，按果实发育天数采收，早熟品种从开花到成熟需30 d，中熟品种35 d，晚熟品种40 d。② 观察果实的形态。果皮表面花纹清晰，有光泽，着地面底色呈深黄色，果脐向内凹陷，果柄基部略有收缩的为熟瓜。③ 听声音。以手拍打果实，发出浊音为熟瓜，青脆音为生瓜，但应注意近年有些肉质脆的品种单凭声音难以判定成熟。④ 依比重和果柄、卷须形态判定。生瓜比重大，沉于水中，熟瓜半浮于水面。果柄上茸毛稀或脱落，果实同节卷须枯萎1/2为熟瓜。这些标志不太可靠，易受长势及肥力影响。

2. 大棚冬春栽培

(1) 品种选择　大棚早熟栽培应选用早熟或中早熟品种，应具有良好的低温伸长性和低温结果性，耐阴湿，适宜嫁接、密植栽培，并具优质、丰产、抗病等特点。目前生产上常用品种为京欣一号、金钟冠龙、丰收2号、抗病苏蜜、开杂12号，农友新1号无籽西瓜等。

(2) 嫁接育苗　西瓜连作易发枯萎病，可采用嫁接换根加以克服。冬暖棚播种育苗，可在12月上旬进行。适宜砧木为瓠瓜及杂交南瓜。试验证明新土佐(F_1)南瓜具有耐低温能力强和亲和力平稳，耐湿、吸肥力强等优点，是早熟栽培的适宜砧木。具体育苗操作方法参见育苗部分。

(3) 整地、施肥及地膜覆盖　在普遍耕翻的基础上，按行距1.5～1.8 m或3.6 m开丰产沟，沟宽40 cm、深40 cm，支架栽培时可按行距80～100 cm开瓜沟。并施入腐熟厩肥5 000 kg/667 m^2，做成宽40 cm，高10～15 cm龟背垄，在垄中间开沟再按每667 m^2施入豆饼100～200 kg、过磷酸钙20 kg，与土混匀后浇水，然后做成高垄，并覆盖地膜。大棚西瓜栽培多采用南北向畦向。

(4) 定植　中原地区单坡面大棚适宜定植期为1月中、下旬，拱圆形大棚依有无草苫覆盖可于2月上旬—3月上、中旬。幼苗长至3～4片叶时，即可定植。早熟品种双蔓或三蔓整枝，吊蔓栽培，栽培密度为700～1 000株/667 m^2，如采用大小行栽培，大行距3 m，小行距50～60 cm。中晚熟品种多采用三蔓整枝，密度为650～700株/667 m^2。定植选晴天上午进行，栽苗后浇透水。

(5) 植株调整及人工授粉　大棚西瓜栽培，中早熟品种多用双蔓整枝，大型中晚熟品种多采用三蔓整枝。棚内空间大时，可选支架密植栽培。大棚西瓜须人工授粉才能坐瓜。一般选主蔓第2、3雌花，于上午7:00～11:00授粉。也可在棚内放养蜜蜂授粉。

(6) 留瓜定瓜翻瓜　留瓜应在15～18节间进行。幼瓜鸡蛋大小时选瓜型正常，肥大发亮的瓜胎保留1个，其余摘除，主蔓先留，主蔓上瓜胎上不好则留测蔓上的。瓜定个后每3～4 d翻动一次，使受光均匀，皮色及糖度一致，同时将瓜下土壤弄松或垫草圈，以防瓜皮受虫害。支架栽培时当瓜直径20 cm时应及时用盘吊瓜并随其生长不断调整瓜的位置。

(7) 肥水管理　西瓜定植至坐果前，一般不再施肥，可根据苗的长势、土壤及天气情况适当浇水。幼瓜坐住施复合肥 30 kg/667 m^2 或磷酸二铵 15 kg/667 m^2、硫酸钾 15 kg/667 m^2，促进果实生长，并浇水以保持土壤湿润。果实定个后施复合肥 20 kg/667 m^2、以提高品质防植株早衰。也可用 0.3%磷酸二氢钾叶面追肥 1～2 次。

采收二茬瓜时，在二次瓜坐住后追施复合肥 35 kg/667 m^2，促二次瓜生长。此后适当增加浇水次数，采收前一周停止浇水，以提高果实含糖量。

(8) 温度控制　定植后 5～7 d，注意提温，地温保持 18 ℃以上；缓苗后开始通风。白天气温不高于 30～32 ℃，夜间不低于 15 ℃；结果期白天 28～30 ℃，夜间 18 ℃以上；果实定个后夜间不再关棚，以增加昼夜温差。

(9) 采收　依挂牌日期而定，早熟品种 28～32 d，中熟品种 35 d 可达九成熟，大棚西瓜风味好，含糖中边梯度小，果形美观，有较高的商品价值。

3. 无籽西瓜栽培要点　无籽西瓜是由四倍体西瓜为母本，二倍体西瓜为父本杂交而产生的一代杂种，子房在正常花粉刺激下可发育成正常果实，而胚珠不能发育成的种子而形成无籽西瓜。无籽西瓜存在的问题是发芽率低，成苗难，瓜畸形，易空心，皮厚等。其栽培要点如下：

无籽西瓜种皮厚，浸种 10 h 后应破壳以提高发芽速度和发芽率，于 32 ℃下催芽。采用电热和火炕育苗，也可采用穴盘培育子叶苗，出苗后子叶展平时分苗于育苗钵内的方法育苗。无籽西瓜花粉不发芽，栽培时需按 4∶1 或 5∶1 的比例配植授粉株。无籽西瓜以 500～600 株/667 m^2 为宜，可行双蔓或三蔓整枝，留第 3 雌花坐瓜，避免过早定植，低节位留瓜在低温下产生有籽果实。膨瓜期浇水要均匀，以配合滴灌和微灌为好，减少空心果率。

三、西葫芦

(一) 概况

西葫芦（*Cucurbita pepo* L.）又名美洲南瓜，原产南美地区，对温度的要求比其他瓜类低，生长发育适温 22～32 ℃，32 ℃以上高温，花器不能正常发育，40 ℃以上高温停止生长，但经过锻炼的幼苗在 8 ℃以下仍能维持生长，并可耐 0 ℃低温。种子发芽适温为 25～30 ℃，开花结果期适温 22～25 ℃。西葫芦对光照的适应性强，又较耐弱光，幼苗期光照充足时，第 1 雌花可提早开放，进入结瓜期需强光，弱光高温易化瓜。西葫芦根系具有较强的吸水力和抗旱能力。它既可在干旱条件下生长，也较耐湿润。因此，管理时前期灌水不宜过多，以防植株徒长，果实生长期需供水充足。西葫芦对土壤要求不太严格，但以壤土最好。土壤 pH 5.5～6.8 为宜。西葫芦吸肥力强，整个生育期中吸收以钾和氮为多，钙居中，磷和镁较少。

西葫芦与笋瓜（印度南瓜）、中国南瓜、黑籽南瓜、灰粒南瓜同属。西葫芦按植株性状可分为矮生、半蔓性、蔓性三个类型。以矮生型品种为多见。常用品种有：早青一代、阿尔及利亚西葫、以色列黄皮、黑皮西葫、荷兰西葫等。

(二) 栽培技术

1. 春季露地栽培　宜选择适应性强，较耐寒丰产抗病的矮秧品种，如阿太西葫芦及早青一代等。选择土壤肥沃、土质疏松的地块种植西葫芦。冬前每 667 m^2 施 5 000 kg 农家肥，深耕晒垡，熟化土壤。4 月初耕地平地并做 1.5 m 宽平畦，每畦定植 2 行。覆盖地膜则按 80～100 cm

行距做 10～15 cm 高的垄，垄宽 50～60 cm，垄沟宽 30～40 cm。无论是平畦还是高垄定植，株距均为 40～50 cm。

于 3 月下旬阳畦播种育苗，幼苗日历苗龄 25 d，定植时幼苗 3 片真叶。4 月中下旬，10 cm 地温稳定在 10 ℃以上时，择晴朗无风天的上午进行定植。平畦定植则先开沟浇水，而后坐苗，高垄定植时开穴坐苗，然而逐穴浇水，待沟、穴晒暖后封沟、穴。

根瓜坐瓜前多次中耕，严格控制浇水，促进根系生长及坐瓜，控制叶茎徒长。雌花开放时及时进行人工授粉或用 20 $mg \cdot L^{-1}$ 2,4 D 涂抹花冠基部及果柄保瓜。根瓜坐住后及时追肥浇水。追肥最好用腐熟粪干、鸡粪或饼肥。在株旁 10～15 cm 处开浅沟埋施，随即浇水。进入结瓜盛期，加强追肥浇水，每 667 m^2 追施复合肥 20～30 kg。遇干热天时傍晚浇水降温。注意防止病毒病、灰霉病和白粉病。

2. 日光温室冬春栽培　选择早熟、短蔓型品种，如早青一代、黄皮西葫等。西葫芦越冬栽培主要目的是供应新年、春节市场，适宜播期应为 10 月上中旬，苗龄 30 d 左右，2 月中、下旬进入采瓜高峰，可持续至 5 月中、下旬。为了增加植株根系耐寒能力，越冬栽培可采用黑籽南瓜为砧木进行嫁接换根，嫁接方法及管理可参照黄瓜、嫁接苗龄 35 d 左右。

定植时做到苗龄与定植适期的统一，11 月上中旬选一晴天上午定植。定植前应提早 10～15 d扣棚，由于越冬栽培生长期长，故要重施基肥，基肥每 667 m^2 施圈肥 5 000 kg，鸡粪 1 000 kg，过磷酸钙 50 kg 或磷酸二铵 20 kg，硫酸钾 30 kg，有机肥可撒施，化肥、细肥集中施。

定植方式有大小行和等行距栽培两种形式，大小行栽培为多。定植时先顺小垄沟浇水，按株距稳水坐苗，水渗下后沟外侧取土成小垄，耧平后盖地膜，每 667 m^2 栽 2 000 株。定植当夜盖草苫，缓苗前白天保持 25～30 ℃，夜间 16～20 ℃，地温 16 ℃以上。缓苗后白天 24～28 ℃，夜间 11～13 ℃，草苫早揭、晚盖、以延长见光时间 ;缓苗后还要中耕，以促进根系发育。

第 1 瓜坐住后，冬季到来前于晴天在膜下灌水，浇足。从第 1 雌花开放时，于当天上午 6:00～8:00 进行人工授粉，或用 20～30 $mg \cdot L^{-1}$ 2,4 D 沾花。深冬期间，为保持棚温，应采用双层草苫覆盖，白天棚温不超过 30 ℃，夜间不低于 10 ℃，阴雨天夜间不低于 8 ℃，遇雨雪天气下午适当早盖，早晨棚内气温不再下降时应揭苫，遇大风雪天气可不揭草苫，连续阴雨天也应每日揭苫，连阴天转晴朗天气时，棚温升高快，为防植株失水萎焉应放花苫遮阴。深冬期间大棚通风应于中午短时进行。并结合浇水可冲施肥料，每 667 m^2 施尿素 15 kg、磷酸二铵 15 kg、硫酸钾 10 kg。为提高光能利用率可进行 CO_2 追肥。立春过后，温度回升，应加强肥水管理，注意防病，防止秧蔓早衰。并加强通风换气，保持棚温白天 25～30 ℃，夜间 12～16 ℃。

西葫芦为嫩果上市的作物，根瓜应尽早采收，中部的果实视植株长势而定，以果实内种子尚未形成果肉脆嫩时采收为宜。并防止果赘秧或秧蔓徒长现象发生。

第三节　白菜类

白菜类蔬菜在我国分布广泛，栽培面积大，消费量大，大白菜在华北、东北、乃至全国各地，结球甘蓝在西北、东北、内蒙古等高寒地区可占当地全年蔬菜消费量的 10%～20%，占冬春蔬菜的 30%～40%。白菜类蔬菜适应性强，产量高，生产成本低，耐贮藏和耐运输，在中国蔬菜生产和供

应中起着极其重要的作用。

白菜类蔬菜在植物分类学上都属十字花科芸薹属植物。它们分别属于3个不同的种:1. 芸薹包括大白菜、小白菜、菜薹、薹菜、芜菁等;2. 甘蓝:包括结球甘蓝、皱叶甘蓝、羽衣甘蓝、抱子甘蓝、球茎甘蓝、花椰菜、青花菜(木立花椰菜);3. 芥菜包括叶用芥菜(大叶芥、分蘖芥、宽柄芥、结球芥、花叶芥)、茎用芥菜(榨菜、薹芥)、根用芥菜和芥子菜。

白菜类3个种有不同的染色体组,也有不同的形态。它们主要的区别在于白菜:叶片薄、绿色、无明显的蜡粉、叶缘波状(AA,n=10)。甘蓝:叶片厚、绿色、有明显的蜡粉、叶缘波状(CC,n=9)。芥菜:叶片薄、绿色、无明显的蜡粉、叶缘锯齿状(AABB,n=18)。

一、大白菜

(一) 概况

大白菜(*Brassica campestris* ssp. *Pekinensis* Rupr.)又称结球白菜、黄芽白等,原产于我国,栽培历史悠久。周代的《诗经》中记载的"葑"就是芜菁、萝卜和芥菜的总称。南北朝的《南齐书》把当时的"菘"称为白菜。直到唐朝的《新修本草》中才提到不结球的散叶白菜,称为"牛肚菘"。明朝的《学圃杂疏》中有花心大白菜的记载,称为"黄芽菜"。清朝的《顺天府志》和《续菜谱》中才有结球白菜的记载。

结球大白菜生长适温12～22 ℃,10 ℃以下生长缓慢,5 ℃以下停止生长,−2 ℃～−5 ℃以下受冻害。结球白菜有一定的耐热性,有些耐热品种可在夏季栽培。通常在3 ℃下15～20 d就可以通过春化阶段。光合补偿点约为25 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,光饱和点为950 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$。大白菜属于长日植物。大白菜以叶球为产品,需氮肥较多,吸收氮、磷、钾、钙、镁的比例为5∶1∶7.8∶4.5∶0.6。大白菜需水量较大,幼苗期因气温和地表温度较高,要求土壤相对含水量90%以上,莲座期要求80%,而结球期则以60%～80%为宜。大白菜对土壤的适应性较强。但以肥沃、疏松、保水、保肥、透气的沙壤、壤土及轻黏土为宜。

大白菜有杂交起源和分化起源两种学说,经过长期的进化和劳动人民的定向培育和选择,大白菜由顶芽不发达的低级类型进化到顶芽发达的高级类型,形成了散叶变种、半结球变种、花心变种、结球变种四个变种。其中结球变种又可分为卵圆型、平头型、直筒型。上述变种及生态型是结球白菜的基本类型,它们互相杂交还产生了下列次级类型:① 平头直筒型。② 平头卵圆型。③ 圆筒型。④ 花心直筒型。⑤ 花心卵圆型。按栽培季节可将结球白菜分为春、夏和秋冬型;按球叶特点可分为:① 叶数型。② 叶重型。③ 中间型。按叶色将结球白菜分为青帮型、白帮型和青白帮型。

中国大白菜的栽培品种很多,如福山包头、胶县白菜、城阳青、唐王小根、旅大小根、冠县包头、洛阳包头、天津青麻叶、翻心白、大青口、小青口等。杂种一代有:① 合抱类型:山东2、5号,鲁白3、4、7号,青杂5号,青杂中丰,城杂5号等。② 叠抱类型:鲁白1、5、6、8、10号,山东4、7号,豫白3号,青杂3、4号,城青2号,郑杂1号,亚蔬1号,双青156,新丰2号,蓉白4号等。③ 拧抱类型(直筒或半直筒型):北京4、10、80、88、97、100、106、新1号,北京小杂56、65,晋菜3号,夏阳,青丰,绿宝,农丰,碧玉,辽白1号,青庆等。

(二) 栽培技术

1. 秋冬茬栽培

(1) 品种选择　选择适宜的品种是结球白菜获得高产稳产的关键，从栽培方面来说，应选择适宜当地气候条件和栽培季节的品种，生长季节在100～115 d以上的地区，宜选用生长期长的中、晚熟的包头类型，如山东4、18号、鲁白3号，青杂中丰、秦白3号等，也可选用中早熟类型，如鲁白8号、北京新1、2、3号；而东北地区的生长季节只有70～80 d，宜选用早中熟的直筒或半直筒类型，如天津青麻叶，北京小青口，秋杂2号等。从供销方面来说，选择的品种要符合当地的消费习惯，如叶球的形状、色泽、风味等。

(2) 整地、作畦、施用基肥　在播种前要精细耕耙。秋季栽培结球白菜一般进行垄作，垄高10～15 cm，畦长30 m左右。在耕地前先将60%的厩肥均匀撒在田里，耕地时翻入深土层中。耙地前再把40%撒在田里，耙入浅土层中，并施入过磷酸钙600～750 kg/hm²，然后作垄。

(3) 播种和育苗移栽　结球白菜直播和育苗移栽均可，依前茬作物的收获期而定。前茬作物收获早，能及时整地作畦时就采用直播，否则就采用育苗移栽。播期的早晚与结球白菜产量和品质的关系极为密切。早播生长期长，球大，紧实，产量高。但播期过早由于温度高，病毒病、霜霉病和软腐病三大病害接踵而来，使产量大幅度下降，病害重的年份甚至绝产。选用中早熟品种适当晚播，可以减轻或避免病害的发生，以达到稳产的目的。

直播分条播和穴播，条播是在高畦顶部的中央划深约0.6～1.0 cm浅沟，将种子均匀地播在沟中，覆土平沟。穴播是按行、株距所定的位置在垄上作长5～6 cm，深1.0 cm的浅穴，将种子均匀播在穴中，覆土平穴。播前需先浇水造墒或播种后浇水。播种沟或穴深度要适宜、底部平坦，覆土松细而厚度一致。条播每667 m² 用种量约150 g，穴播约100～125 g。为防日晒，最好在傍晚播种，使幼芽于傍晚出土，经过一夜后再受日晒。出苗后可浇小水以补充水分和降温。

采用育苗方法便于发芽期和幼苗期的管理，而且温度、水分等条件易于控制，也有助于解决早播的问题。栽植结球白菜667 m² 约需苗床面积30～35 m²，依栽植密度而定。由于移植将延迟苗的生长，育苗比直播提早3～5 d。苗床播种用条播或撒播法。每35 m² 的苗床用种子100～120 g，撒播时应先给苗床浇透水，待水渗下后播种。为使撒播均匀，将种子与5～6倍筛过的细土均匀拌和再撒。撒后再覆盖细土约0.8～1.0 cm厚。最好在播种后支棚覆盖草帘或银灰色薄膜遮荫和防雨，以防太阳曝晒雨后土面板结。幼苗出土后应分次间苗，以防止苗子拥挤形成弱苗。幼苗宜在团棵以前移植。中晚熟品种以5～6叶时定植为宜。移植工作宜在晴天下午或阴天进行，以减轻幼苗萎蔫。栽植的深度，在高畦上以根部土块表面与畦面相平为度；在平畦则要略高于畦面，以免浇水时土块下沉淹没菜心而影响生长。

(4) 合理密植　据研究，结球白菜早熟品种的单株叶面积约为1.24 m²，中晚熟品种约为1.63 m²，结球白菜高产的最适叶面积指数为5.5。卵圆型和平头型品种因莲座叶披张，宜用接近于正方形的营养面积，莲座叶直立的直筒型品种则可用长方形，后者利于密植。一般早熟品种可掌握在45 000～52 500株/hm²，中熟品种30 000～37 500株/hm²，而大型的晚熟品种24 000～27 000株/hm²。

(5) 田间管理　结球白菜在各个生长时期有不同的管理工作。

① 发芽期　此期主要创造良好的发芽条件，促使苗齐苗全。该期生长量约为营养生长时期生长总量的0.1%，但生长速度较快。此期的营养主要靠种子供给，由土壤中吸收很少，不需施肥。发芽期需水虽不多，但根系很小，供水必须充足，特别在高温天气下必须浇水降温。在拉十

字时可进行叶面追肥,以促进幼苗生长。

②幼苗期　此期管理除肥水外,主要是适时间苗。第一次匀苗在"拉十字"时,拔除出苗过迟,子叶形状不正常,生长弱小和拥挤的幼苗。条播及床播的保持株距5～7 cm,穴播每穴留苗3～4株。第二次匀苗在3～4片叶时,淘汰弱小和特性与原品种不符的杂苗。条播每7～10 cm留苗一株,穴播每穴留苗2～3株。为了检查根部有无病虫,应于晴天日中阳光强烈时匀苗,凡根部有病虫的幼苗在这时都有萎蔫的现象,需要拔除。每次匀苗以及定苗后都要浇小水使土壤沉落保护根部,并降低土温。

直播的结球白菜在团棵时定苗。条播按预定株距留苗1株,穴播每穴留苗1株,选留生长强健,形态正常的苗。播种初期高温多雨,杂草丛生,土面也易板结,应及时中耕除草。高畦栽培在中耕时还要在垄的两侧培土。

幼苗期生长量约占全期的0.41%,而生长速度仍很快。幼苗期根系尚不发达,吸收养分和水分的能力较弱,所需养分和水分不多,但为保证幼苗得到足够的养分迅速发苗,需要追施"提苗肥"。用尿素45～75 kg/hm^2于直播前施于播种穴或沟中,并与土壤充分拌和,避免肥料集中,然后浇水播种。同时在幼苗期还应浇水降温。

③莲座期　此期生长速度较快，生长量逐渐增加，对养分和水分的吸收量增多。充分施肥浇水是保证莲座叶健壮生长和丰产的关键，但同时还要注意防止莲座叶徒长而延迟结球。田间有少数开始团棵时应及时施用"发棵肥"，一般施用粪肥22 500～30 000 kg/hm^2或硫酸铵150～225 kg，施磷、钾肥各105～150 kg/hm^2。直播的这次施肥应施在植株间，在植株边沿以外开8～10 cm深的小沟施入肥料，利用根的趋肥性引导根系向外发展。移栽的白菜将肥料施在沟或穴中，与土壤拌和再栽苗。施用发棵肥后随即充分浇水。以后在莲座期内采取"见干即浇"的浇水原则，即浇水后待土壤表面见干再浇，以保证充分供水，又不至于浇水过多而使植株徒长。

④结球期　此期生长量最大,因此需要大量的肥水。在包心前5～6 d施"结球肥",特别要增施钾肥。可施碳酸氢铵225～375 kg/hm^2,过磷酸钙及硫酸钾各150～225 kg/hm^2。为使养分持久而不至于因大量浇水淋溶,最好与充分腐熟的厩肥混合,在行间开深8～10 cm沟,将肥料施在沟中,引导根系全面发展,遍布全田。中熟及晚熟品种的结球期较长,还应在抽筒时施用"补充肥"150～225 kg/hm^2,于抽筒前施用,抽筒后进入结球中期,正是叶球充实内部的时候,应施"灌心肥"促进"灌心"。抽筒时田间已经封垄,将肥料溶解于水中顺水冲入沟中或畦中。结球期需要大量浇水,除在追肥后要大量浇水外,约5～6 d浇大水一次,始终保持土壤湿润,并保证翻根后密布于土壤表层的须根得到充足的水分。在收获前5～7 d停止浇水,以免叶中水分过多不耐贮藏。

贮藏用的结球白菜在收获前约10 d束叶,将外叶扶起,用浸软的麦秆、稻秆或甘薯蔓等材料捆住叶球。束叶可以保护叶球,防止收获前霜冻的损伤及减少收获时的机械损伤,也可使叶球外层的叶子色淡质嫩,收获和贮藏时也较方便。但束叶后外叶光合速率大大降低,不利于叶球的充实,更不能达到促进结球的目的,所以束叶不宜过早。

(6) 收获　大白菜收获过早,因温度高难以贮藏,应尽量延迟收获。但遇到－2 ℃以下的低温就将受到冻害。收菜时将白菜连根拔起,伤口小易愈合。白菜收获时含水较多,蕴藏热量也很大,收获后需经过晾晒处理,以免入窖后发生高温高湿而引起腐烂。晒后再将植株堆砌成两排,

根部向内，叶球向外，两排间留 10～15 cm空隙通风排水降温，待天气寒冷时入窖贮存。

2. 春茬栽培技术要点　春季栽培历经春夏之交，早春低温易使结球白菜通过春化，后期遇到长日容易抽薹而不易结球，结球期的高温使结球白菜容易腐烂。为解决上述问题栽培上主要应注意以下几点：① 选择生长期短、耐寒、冬性强的早熟品种，如鲁春白 1 号、小杂 56、春冠、春夏王、春大将等。② 适期早播，一般断霜前 20～30 d 播种，并覆地膜。用小棚育苗者还可提前。③ 整地作畦，施足底肥，春早熟栽培多用畦作，也可垄作。整地前要施足底肥。④ 适当密植，具体密度因品种而异，一般在 45 000～52 500 株/hm^2。⑤ 合理灌溉施肥，春结球白菜生长前期因气温、地温低，再加之覆地膜，跑墒较慢，应减少灌水次数，后期气温升高时再加大灌水量。施肥参照秋冬栽培技术。并及时防治病虫害。⑥ 适时采收，收获时应根据成熟情况，分批适时采收。

3. 夏秋茬栽培技术要点　夏季栽培因温度高，雨量大，病、虫、草害发生严重，栽培上应注意以下几点：① 宜选用早熟、耐热、抗病、高产的优良品种，如日本夏阳、北京小杂 56、亚蔬 1 号、沈阳快菜及夏丰、青夏 1、3 号、夏优 1、3 号等。② 结球白菜夏季栽培可于 5 月中旬至 7 月下旬播种，可直播，也可育苗。育苗时最好进行遮荫、降温和防雨措施。③ 夏秋栽培的密度为 45 000～52 500 株/hm^2、个别品种可达到 60 000～67 500 株/hm^2，如夏丰、亚蔬 1 号，沈阳快菜等品种。④ 加强肥水管理，由于夏季高温、应勤浇水、以降低地表温度、改善田间小气候，夏季大雨过后要及时进行“涝浇园”。在施足底肥的基础上，要勤施速效氮肥，并适当增施磷钾肥。不要蹲苗，加大肥水，增强植株长势。⑤ 及时收获，夏秋温度高，叶球易腐烂，应适时早收。

二、结球甘蓝

(一) 概况

结球甘蓝（*Brassica oleracea* var. *capitata* L.）简称甘蓝，别名洋白菜、卷心菜、包心菜、莲花白、茴子白、大头菜、圆白菜等。起源于地中海沿岸，是由不结球的野生甘蓝演化而来，现在世界各地普遍栽培。

结球甘蓝喜温和的气候，但适应性较强，可忍耐 −15 ℃低温和 35 ℃ 高温，生长温度为 7～25 ℃，发芽适温为 18～20 ℃，结球适温为 15～20 ℃，超过 25 ℃结球松散，品质和产量降低。结球甘蓝属于绿体春化型，幼苗须达到一定大小后才能接受低温通过春化。甘蓝要求较强光照，光饱和点 1 441.0 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，光补偿点 47.0 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，但对弱光有较强适应能力。甘蓝属于长日照植物，抽薹开花需较长日照。结球甘蓝较适宜的土壤相对含水量为 70%～80%，空气相对湿度为 80%～90%。结球甘蓝对土壤的适应能力较强，但选择保肥保水，中性或微酸性的壤土为好。每生产 1 000 kg 叶球约需氮、磷、钾分别为 4.1～4.8 kg、1.2～1.3 kg 和 4.9～5.4 kg。

结球甘蓝据其叶片特征可分为普通甘蓝、皱叶甘蓝和紫甘蓝。皱叶甘蓝叶片绿色，叶面皱缩；紫甘蓝的叶球为紫红色。目前主要栽培普通甘蓝，按其叶球形状和生育期长短不同分以下三个基本类型：尖头类型、圆头类型、平头类型。当前主栽品种有：① 早熟品种。北京早熟、报春、中甘 11、12 号、8398、荷兰 3012、山西 1 号等。② 中熟品种。京丰 1 号、中甘 8 号、庆丰 1 号、夏光、园春、黑叶小平头、东农 609 等。③ 晚熟品种。秋丰、晚丰、寒光 1 号、新丰甘蓝、黄苗甘蓝等。

(二) 栽培技术

结球甘蓝适应性较强，既可耐低温，又可耐一定的高温，中原和华北地区一般分春、夏、秋三季栽培。目前，有些地区也有少量的越冬栽培。

1. 春甘蓝

(1) 品种选择　采用阳畦、小塑料棚、地膜等进行早熟栽培多用早熟品种，如中甘11、8398、鲁甘蓝2号等；而春季露地栽培多用中、晚熟品种，如中甘8号、庆丰、京丰1号等。

(2) 适期播种与培育壮苗　春甘蓝一般采用阳畦育苗，苗龄50～70 d，可按定植期推算出播种期。在保护地和露地条件下，一般当5～10 cm地温稳定在5～8 ℃时便可定植。生产上培育适龄壮苗是丰产栽培的关键。壮苗的形态特征是：5～8片真叶，叶丛紧凑，叶色浓绿，叶片肥大，茎粗壮，秧苗大小整齐，根系健壮发达。培育壮苗的关键措施是配好苗床土，适期播种，提高播种质量，及时分苗，控制好温度和水分，不使苗子徒长，定植前要对苗子进行锻炼等。

(3) 整地与施基肥　栽培甘蓝的地块应提前深翻，并结合施有机肥。早熟栽培多用畦作，露地栽培多用垄栽培。畦宽一般在1.2 m，长30 m。垄距一般在65～70 cm，垄高10～15 cm。

(4) 定植与密植　甘蓝较耐寒，当10 cm地温稳定在5 ℃以上，气温稳定在8 ℃以上时就可以定植。定植密度早熟品种一般在75 000～90 000 株/hm^2，中熟品种37 500～45 000 株/hm^2、晚熟品种27 000～33 000 株/hm^2。最好带大土坨栽植，并随即浇水。早熟品种应进行覆地膜。

(5) 田间管理　定植缓苗后应适当控制浇水，适当多中耕以提高地温。若有寒流天气，可提前施硫酸铵150～225 kg/hm^2，并浇水。可增强植株抗寒能力。并减少先期抽薹现象发生。莲座末期可适当控制浇水，中耕1～2次后进行一次大追肥，施硫酸铵300～375 kg/hm^2，并浇水。结球期不能缺水，一般每周浇一次水。中、晚熟品种结球期较长，在结球期可再增施一次速效肥，以促进结球。栽培中、晚熟品种，定植、浇缓苗水后应及时中耕，于缓苗后，施速效氮肥150～225 kg/hm^2，并浇水，促进莲座叶生长。注意中耕。第一次追肥15 d后进行第二次追肥，施硫酸铵225 kg/hm^2，浇水一至二次再进行中耕，并控制7～10 d不浇水，适当蹲苗。进入结球期进行第三次追肥，追施硫酸铵225 kg/hm^2或施腐熟的人粪尿15 000 kg/hm^2。此后每周浇水一次。叶球生长盛期再追施一次速效肥，施225 kg/hm^2。促进叶球紧实。雨后注意排水，防止田间积水造成烂根和叶球腐烂。

(6) 及时收获　叶球充实后应及时收获，尽早上市。在结球不整齐的地块应分期收获，成熟一批收获一批。

2. 秋甘蓝　秋天最适于甘蓝生长和结球，因此，秋甘蓝一般产量较高，通过贮藏，供应期从11月至翌年的3月份。搞好秋甘蓝栽培非常重要。

栽培秋甘蓝多选用中、晚熟品种，如京丰1号、秋丰、晚丰、中甘8号等。秋甘蓝在定植前应结合施基肥整地，一般用量75 000～150 000 kg/hm^2厩肥，秋甘蓝多用垄作，也可以用畦作。

华北地区秋甘蓝播种期为7月上中旬。因播种时正处于炎热多雨季节，病虫害较多，而甘蓝喜凉，不耐高温，所以应采用遮阳网覆盖育苗，可防止蚜虫、菜青虫的危害，并能降低畦温，减轻病毒病等多种病害的危害。若无遮阳网，可用旧薄膜搭成防雨棚进行育苗，效果良好。

秋甘蓝因处在凉爽季节，植株生长旺盛，定植密度应适当稀些，秋丰、晚丰、中甘8号等宜在37 500～42 000 株/hm^2，夏光甘蓝宜在45 000～52 500 株/hm^2。

秋甘蓝生长快、产量高，肥水必须供应充足。在施足基肥的基础上，应分别在莲座初期、结球初期、结球中期追施一定数量的速效氮肥，具体施肥数量和方法参照春甘蓝进行。灌水次数和灌

水量应大于春甘蓝。收获前1～2周应停止浇水。

秋季种植早、中熟甘蓝，一般于10月份即可收获，陆续供应市场。中、晚熟品种一般于11月中、下旬收获，可安排冬季贮藏，于冬春供应。秋甘蓝的简易贮藏方法是沟藏，在育苗阳畦的风障后挖80 cm宽，60 cm深的沟，当秋甘蓝收获后晾晒3～4 d，在寒流到来之前将甘蓝根朝下排入沟内，盖上一定厚度的土。

三、花椰菜（附青花菜）

（一）概况

花椰菜（*Brasica oleracea* L. var. *botrytis* L.）又称菜花或花菜，起源于地中海至北海沿岸，是由甘蓝演化而来。花球为产品，风味鲜美，营养丰富，现在全国各地都有栽培。

花椰菜属于半耐寒性蔬菜，喜冷凉气候，生长适温为12～22 ℃，但不同生育期对温度的要求不尽相同。发芽适温为25 ℃左右，低限温度为2～3 ℃；幼苗生长适温20～25 ℃；莲座期生长适温为15～20 ℃；花球形成期适温17～18 ℃，25 ℃以上花球形成受阻，且花球松散，品质和产量下降。花椰菜要求中等光照度，光补偿点为43.0 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，饱和光照强度为1 095.0 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$。花椰菜在叶丛和花球形成过程中要求充足的水分。花椰菜对土壤的要求比结球甘蓝要严格，要求土壤疏松、耕层深厚、有机质含量高、保肥保水的土壤。需肥也较多，前期叶丛形成需氮较多，花球形成期氮、磷、钾需求量都较大。同时，花椰菜对硼、镁等元素有特殊的要求，缺硼时常引起花茎中空或开裂，花球变锈褐色，味苦。缺镁时，叶子变黄。

按生育期的长短可将花椰菜分为① 早熟品种：定植至采收需40～60 d。主要品种有澄海早花、福州60 d，上海四季60 d、椰耳福、白峰菜花、瑞士雪球、法国雪球、日本雪山菜花、荷兰春早花椰菜；② 中熟品种：定植到采收需80～90 d。主要品种有荷兰雪球、珍珠80 d、福建80 d、申花3号菜花等；③ 晚熟品种：定植到采收需100～120 d。主要品种有福建120 d、中白杂交种、兰州大雪球、洪都16号等。

（二）栽培技术

花椰菜属于喜凉爽气候的作物，又以花球为产品，必须通过阶段发育才能获得产品，而且花球在高温条件下质量降低，因此，花椰菜的栽培季节基本上安排春、秋两季。

1. 春花椰菜

（1）品种选择　花椰菜不同季节对品种的要求严格，春季栽培必须选用春季品种，如错用秋季品种就会发生苗期早显球，大幅度降低产量和品质。春季栽培可选用日本雪山花椰菜、雪峰菜花、瑞士雪球、耶尔福、法国菜花等。

（2）育苗　春花椰菜栽培可分为小塑料棚栽培和露地栽培，在中原和华北地区小塑料棚栽培一般在12月份播种，露地栽培一般在1月份播种。培育壮苗是获得高产的关键，播种后白天/夜间的温度控制在20～25/14～15 ℃，出苗后白天/夜间的温度控制在20/10 ℃。2～3片真叶时选好晴天进行分苗，苗子株行距各10 cm，分苗后盖严薄膜，适当提高苗床的温度以利于缓苗。分苗后仍应做好温度、肥、水的管理工作，以培育出壮苗。春花椰菜壮苗的形态特征是：具有7～8片真叶，叶片浓绿，肥厚，茎粗壮，节间短，根系发达、完整。

（3）整地与施基肥　春花椰菜宜选用冬闲地，化冻后结合施肥耕地，要多施厩肥，并掺入

600～750 kg/hm² 过磷酸钙。花椰菜比较喜钼肥和硼肥，用钼酸铵 750 g/hm²，硼 750～1 200 g/hm²，若为硼砂可施 7 500 g/hm²，与厩肥堆积发酵后施入。施肥后深翻晒垡，整地时耙平，春花椰既可垄作，也可以畦作。早、中熟品种多用畦作。

(4) 适时定植，合理密植　当 10 cm 地温稳定在 6～8 ℃时可将花椰菜定植到小塑料棚或大田，中原地区小塑料棚多在 3 月上、中旬定植，露地多在 3 月下旬至 4 月上旬。采用平畦栽培时行距 50～60 cm，株距 40～50 cm。栽 37 500～45 000 株/hm²。定植后浇缓苗水，促进缓苗。也可以用小高畦覆盖地膜栽培，定植期可适当提早。

(5) 田间管理　花椰菜缓苗后应勤中耕，以利于在早春提高地温。早熟品种在中耕地 2～3 次后应追肥浇水，促进植株生长，否则缺乏肥水植株生长弱，叶子少而小，叶片发育不良，则花球不大；但中、晚熟品种叶子多，长势旺，应多次中耕，适当蹲苗，促进根系生长，使其形成强大的莲座叶，又不至于徒长，可显著提高产量。

定植缓苗后，施氮磷钾复合肥 300 kg/hm²，并浇水。莲座末期或显球初期重施肥，施尿素 450 kg/hm²，也可以冲入充分腐熟的厩肥，以后每隔一周浇水一次，保持土壤湿润，以利花球生长。还可进行叶面喷肥，如钼酸钠或钼酸铵、硼砂等，钼酸钠或钼酸铵喷施浓度为 0.01%～0.08%，硼砂的浓度为 0.2%～0.5%，在莲座末期或结球初期每 1～2 周喷一次，效果较好。

在花球形成后期，受强光直射后使花球颜色变黄，质地变粗，品质下降。当花球直径 10 cm 时，将近花球的 2～3 片外叶束住或折覆于花球表面，以防日晒，但应注意不要将叶子折断，否则，花球形成过程中减少了源，不利于花球的形成。

(6) 采收　当花球充分长大，表面致密且圆整坚实，洁白鲜嫩，边缘花枝尚未散开时为采收适期，采收过早影响产量，过晚则影响品质。采收时应带几片叶以保护花球。

2. 秋花椰菜栽培要点　① 秋季栽培宜选用耐热、抗病的品种，如白峰菜花、荷兰雪球、日本雪山菜花、福建 60 d 等。② 华北、中原地区秋花椰菜一般在 7 月上、中旬播种，此时正是炎热的夏季，炎热多雨，为防高温、虫害和雨拍，可用遮阳网等材料遮荫防雨育苗。③ 秋花椰菜多用中早熟品种，密度应适当增加，一般 37 500～45 000 株/hm²，个别品种可达 52 500 株/hm² 以上。④ 秋花椰菜多用早熟品种，很易早显花球，为防止花球早现，要采取一定的措施，苗床土要肥沃，播种后及时遮荫，及时间苗，肥水要充足，6～7 片叶时要适期早栽，切忌大苗晚定植，最好用营养土块育苗，定植时根部不受损伤，不缓苗，生长健壮，能更好地表现品种特性，不发生苗期早显花球。栽后不要蹲苗，肥水猛促，一般定植后 30 d 左右即可显现花球，40～50 d 采收。若定植后莲座叶生长不足，会出现花球长不大的现象。⑤ 其他管理措施参见春花椰菜。

秋花椰菜秋冬假植贮藏技术是秋花椰菜的重要栽培技术。花椰菜假植贮藏栽培多用中、晚熟品种，如荷兰雪球等，一般较正常播种期晚 20～30 d，到 11 月上、中旬，当花球直径达 8～10 cm时，天气变冷后便可带根假植到阳畦内，假植时要摘去老叶和病叶，扶起绿叶包住花球，并捆好，防止以后花球受冻或棚膜水滴落到花球上引起花球腐烂，栽完后要埋土浇水。盖好薄膜，注意草栅及温度的管理，前期温度应稍高些，后期温度低时应盖草栅。等到花球长成后，于元旦至春节可陆续收获上市。每 1.0 m² 的阳畦大约假植大田 6～10 m² 的花椰菜。

3. 青花菜栽培技术　青花菜（*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plench (k)）又名绿菜花、木立花椰菜、嫩茎花椰菜等，十字花科芸薹属，一、二年生草本植物。以绿色肥大的花球为产品，质地脆嫩，营养丰富。近年来全国各地都有栽培。

青花菜的生物学特性和生活条件与花椰菜基本相同，但适应性要比花椰菜强，特别是耐寒、耐热性较强，植株遇到轻霜冻一般不会受害，在夏季也能形成花球，但质量较差。与花椰菜一样，需要通过阶段发育后才能形成花球。青花菜在生长期间如果缺硼，可引起花蕾表面黄化和基部中空，缺锰和镁时花球绿争变淡，失去光泽。

青花菜的主要品种有：早生绿菜花、郑奇、宝冠、玉冠、里绿、绿岭、优秀等。青花菜分春秋两季栽培，春季定植地温应稳定在6～8 ℃，苗龄一般在45～60 d，秋季7月上、中旬播种。若采用保温和遮荫栽培可周年生产。但以秋季栽培的青菜花产量高、品质好。

播种后要控制环境条件培育壮苗，育苗技术基本同花椰菜，定植密度一般在37 500～45 000株/hm^2，晚熟品种可掌握行距株距70 cm×50 cm，早熟品种50 cm×40 cm，中熟品种60 cm×40 cm。可以用畦作也可以用垄作春季垄作有利于提高地温。其他田间管理可参照花椰菜进行。

青花菜的收获时间较为严格，应在花球充分长大，表面圆整，边缘未展开前及时收获。过早收获花球小，产量低；过晚收获花球易散开或是开花，降低品质。青花菜顶端和侧枝都能结球在收获时应分期进行。采收时要将花球下部带花茎10 cm左右，带2～3片叶一起割下。青花菜在常温下不耐贮藏，花球易散，花蕾变黄，应随采收随供应。若短期存放，应尽量降低存放温度，以0 ℃较为适宜。

第四节　根菜类

根菜类蔬菜主要指以肥大的肉质直根为产品的一大类蔬菜，包括萝卜、胡萝卜、根用芥菜、芜菁、芜菁甘蓝、辣根、美国防风、牛蒡、根芹菜等。根菜类的肉质根由3部分组成：一是根头，即短缩茎，由上胚轴发育而成，其上着生芽和叶片。二是根茎，即肉质根的主要部分，由下胚轴发育而成，其上没有叶痕和侧根。三是根部，即真根或本根，由胚根上部发育而成，其上着生许多侧根，具吸收功能。不同种类的根菜其根头、根茎、和根部的比例有所不同，萝卜根头较短，根茎的比例较大。而芜菁甘蓝、根芥菜的根头比例较大。

不同种类的根菜肉质根的解剖结构有所不同，可分三类：一是萝卜型，萝卜、芜菁、根用芥菜等属于此类。此类蔬菜形成层活动产生的细胞以次生木质部最多，其食用部分主要为次生木质部。二是胡萝卜型，包括胡萝卜、美国防风、根芹菜等，此类蔬菜次生韧皮部细胞增生和膨大较快，且组织柔嫩、胡萝卜素含量较高，为主要食用部分。三是甜菜类型，如甜菜，肉质根内部有多轮形成层，每轮形成层向内增生木质部，向外增生韧皮部，成为维管束环。

一、萝卜

(一) 概况

萝卜（*Ruphanus sativus* L.）别名莱菔，为十字花科萝卜属一、二年生草本植物。原产中国，分布广泛。

萝卜为半耐蔬菜，发芽适温约25 ℃，叶片生长适温约20 ℃。肉质根膨大的最适温度为15～20 ℃，6 ℃以下植株生长缓慢，并易通过春化，造成未熟抽薹。对光照的适应性较强，但肉质根

膨大期则需要较充足的光照，以利于同化产物的积累。据研究，萝卜光合作用的补偿点为48 μmol·m^{-2}·s^{-1}，饱和点为1 461 μmol·m^{-2}·s^{-1}。萝卜喜土层深厚，排水良好的轻沙土壤，pH宜在6～7。水是萝卜肉质根形成的关键因素，若土壤干旱，肉质根生长缓慢，皮肉粗糙，味辣，易糠心，反之，土壤含水量较高，肉质根的含水量增加，病虫害较重，产量和品质下降。

萝卜按其适宜生长的栽培季节可分为春、夏、秋3种类型。① 春萝卜。如长春大型2号、太青、立春大根、富春大根、蓬莱春萝卜、烟台红丁五樱萝卜等。② 夏萝卜。如鲁萝卜2号、夏秋55、新济杂2号等。③ 秋萝卜。如潍县萝卜（有大樱、二樱和小樱三个品系）、北京心里美、济南青圆脆、天津卫青萝卜、济杂5、6号等。按萝卜对气候的生态反应还可分为四种生态型，即华南、华中、北方和西部高原生态型。

（二） 栽培技术

1. 秋萝卜栽培

⑴ 土壤选择与整地施肥　萝卜对土壤的适性较强，但以有机质含量高，保水保肥的中性土壤为宜。在耕地前，施足底肥，每667 m^2 可施优质有机肥5～7 m^3，深翻耙平，做成垄，垄高10～15 cm，垄距50～60 cm，因品种而异。

⑵ 播种　秋萝卜生长期长，前期温度高，后期温度低，合理的播种期是高产的关键。在华北地区，多在7月下旬或8月上旬为宜。若遇高温干旱年份，可适当晚播。天气凉爽的年份可适当早播。为达苗全、苗齐、苗壮，播种前应清洗种子，去瘦籽、碎籽，并精细播种，垄播者可在垄上开沟播种，每垄播1行或2行。播种后覆土，浇水。用种子量每667 m^2 约1.0 kg。

⑶ 播种后的管理　播种后若天气干旱，应多浇水，保持垄面湿润，防止种子落干或灼伤。若遇天气阴天多雨，应及时排水防涝。平畦栽培的雨涝后易使土壤通气不良，造成缺氧，影响根系发育，所以作畦作时要挖排水沟，以便大雨后及时排涝。幼苗出齐后要及时间苗，以防止因幼苗过于拥挤而造成徒长。间苗可进行两次，最后一次定苗在5～6叶进行。

⑷ 合理的密度　定苗时要根据品种特性决定密度，大型品种密度为6 000～8 000株/667 m^2，中小型品种8 000～10 000株/667 m^2。

⑸ 浇水　秋萝卜的生长期较长，不耐旱，合理灌溉是高产优质的主要措施。在播种后要及时浇水，保持土壤湿润，以确保苗齐、苗壮。幼苗期生长量不大，需水不多，但正值高温季节应适量浇水，确保植株长势，提高抗病毒病能力。叶片生长旺盛期需水量增多，但此时浇水应适当控水，以防止叶片徒长，影响肉质根形成。一般不干不浇，土壤表面发白时再浇。进入“破肚“后，肉质根迅速膨大，对水分需求量逐渐增加，应及时均匀地供应水分，可保持土壤湿度70%～80%。为提高萝卜的品质，便于收获、贮藏，减少糠心，收获前1周应停止浇水。

⑹ 分期追肥　秋萝卜生长期长，在施足底肥的基础上还进行多次追肥，苗期因生长量小，一般不追肥。定苗后可施氮肥10～15 kg/667 m^2，莲座期可施氮磷钾复合肥20～30 kg/667 m^2，在肉质根膨大盛期，再施复合肥33～40 kg/667 m^2，萝卜对铵态氮和硝态氮的反应不很敏感，但以铵态氮∶硝态氮=1较好。适当施些微量元素如硼等，可促进肉质根的膨大。

⑺ 中耕、除草和培土　秋萝卜从播种到植株封垄前由于温度高，雨水多，特别容易滋生杂草，应及时中耕除草2～3次，并能使土壤保持疏松状态。封垄前要向垄上培土，以促进肉质根的充分发育。

⑻ 收获　秋播的萝卜多为中晚熟品种，收获后常进行贮藏以便冬春供应。在收获时可适

当晚收，要防止冻害和糠心。可根据市场需要提前收获。萝卜能耐0～－1 ℃低温，经过几次轻霜后，肉质根中的淀粉转化为糖，食用风味可明显改善。但不能因晚收而使萝卜受冻。需要贮藏的萝卜，收获后要切去根头，以免在贮藏过程中发芽，消耗养分而降低品质。

2. 春萝卜　春萝卜栽培因前期温度低，幼苗容易通过春化，造成未熟抽薹。因此，栽培春萝卜一定要选用春萝卜类型。如长春大型2号、太青、立春大根、富春大根等。

播种前应施足底肥，春萝卜多用畦栽，畦宽120～140 cm。由于萝卜属于萌动的种子春化型，春季极易发生未熟抽薹，适期播种十分重要，一般10 cm地温稳定在8 ℃以上，夜间最低温度5 ℃以上时才能播种。华北地区多在3月中下旬播种。播种时先按15 cm左右的行距开沟条播。每667 m^2 播种量，撒播1.0～1.5 kg，条播0.75～1.0 kg为宜。播种后覆土0.6～1.0 cm，然后轻轻镇压，使种子与土壤密切接触。

出苗后应及时间苗，4～5叶时定苗，因春萝卜个体较小，生长期短，播种密度较秋萝卜大。定苗后的苗距一般10～15 cm，注意淘汰弱苗，保留壮苗。

在华北地区，因早春温度低，苗期应少浇水，多中耕，这样既可减少土壤水分蒸发，满足幼苗对水分的需求，又能提高地温，疏松土壤促进肉质根的生长，因春萝卜行距小，只能用小锄在行间轻轻浅锄。封垄后不再中耕。

低温是限制春萝卜生长的重要因素。因此苗期应尽量少浇水，多中耕松土，提高地温，促进根系发育，以后随温度升高，可逐步加大灌水量，在肉质根开始膨大后，应及时浇水，保持地面湿润，既利于肉质膨大，又防止糠心的发生。春萝卜生长短，生长快，应及早追肥，可分别在叶片生长旺盛期和肉质根膨大期追肥，每次可追氮磷钾复合肥各20～25 kg/667 m^2。

当肉质根充分膨大后，根据市场需要应及早收获，否则易发生糠心和老化。收获后，洗净泥土，带少量嫩叶，捆成把上市。

此外，春季严寒季节，还可利用保护地栽培冬性强的早熟萝卜，提早供应市场。保护设施可分别用地膜、阳畦、中、小棚和日光温室。不同的设施类型，播种期也不尽相同。

二、胡萝卜

(一) 概况

胡萝卜（*Daucus carota* L. *sativua* DC.）属伞形花科胡萝卜属二年生草本植物，原产于中亚和西亚等地。大约于元代传入中国，目前全国各地都有栽培。胡萝卜营养丰富，维生素含量高达1%以上，胡萝卜素含量是番茄的5～7倍，食用后，经胃肠消化后分解成维生素A。

胡萝卜为半耐寒性蔬菜，耐寒、耐热性略强于萝卜。种子发芽的最低温度约为5 ℃，发芽适温为20～25 ℃，生长适温为白天18～22 ℃，夜间为13～18 ℃，25 ℃以上生长受阻，3 ℃停止生长。胡萝卜为绿体春化型，当植株长到10片叶左右时，在1～3 ℃条件下，60～80 d才能通过春化。胡萝卜为长日植物，需在较长的日照条件下抽薹开花结果。胡萝卜生长发育要求中等光照度，光饱和点为800～900 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$。田间最大相对持水量60%为宜。胡萝卜适宜的土壤为中性沙壤土。在整个生育过程中吸收钾最多，氮、钙次之，磷、镁较少。

胡萝卜据肉质根的皮色可分为紫红、红、橘红、橘黄、黄、淡黄等，一般黄皮和红皮的胡萝卜较多，且黄皮的胡萝卜素含量高于红皮。按肉质根的形状可将胡萝卜分为圆柱形和圆锥形两大类

型,且每个类型又有长短之分:① 长圆柱形。根长 25～50 cm,生育期约 150 d,主要品种有陕西野鸡红胡萝卜、南京红、常州胡萝卜等。② 短圆柱形。根长 25 cm 以下,生育期 90～140 d,代表品种有西安的齐头红、岐山透心红、东北的三寸胡萝卜、河南的安阳胡萝卜和日本三红、黑田五寸等。③ 长圆锥形。根长约 20～40 cm,多为中晚熟品种。代表品种有北京鞭杆红、山西蜡烛台、天津江米条等。④ 短圆柱形。根长不足 20 cm,中早熟品种,春季栽培抽薹迟。代表品种有烟台三寸、五寸红胡萝卜、河南水城小顶胡萝卜等。

(二) 栽培技术

1. 秋胡萝卜栽培

(1) 栽培季节　胡萝卜的生长期约为 90～120 d,幼苗期生长缓慢,一般较萝卜提早播种和延迟收获。播种过晚影响产量,如我国北方有“七大八小九丁丁”的谚语。就揭示了播种期与产量关系,在华北地区多于 7 月中旬播种。11 月上旬收获。

(2) 整地施基肥　栽培胡萝卜应选择土层深厚、疏松透气、能排能灌的沙壤土为宜,这样可形成的肉质根颜色鲜嫩、侧根少,皮光滑、质地脆,否则,产量低,外皮粗糙,色浅味淡,肉质根小。胡萝卜的肉质根入土较深,播种前应深翻晒垡。胡萝卜产量高,吸收养分多,应结合深翻,重施有机肥,每 667 m^2 施充分腐熟的优质圈肥 5 000 kg。基肥中最好掺入 10 kg 速效氮,25 kg 氮、磷、钾复合肥。胡萝卜一般多进行畦作,也可以用垄作,畦宽为 120～140 cm,起垄栽培时,垄距一般 45～50 cm。

(3) 播种　由于胡萝卜为双悬果,果皮厚,外面有刺毛,种皮革质,种子吸水透气能力均差,种子为无胚乳种子,胚较小,在种子形成时易受外界环境条件的影响,种子长势弱,发芽困难,发芽率低,出苗困难。因此在生产为达到苗齐、苗壮、需进行以下处理。

选择种子饱满并经过充分后熟的新种子,播种前搓去种子的刺毛,以利于吸水。每公顷用种量约 15～22 kg,播种时可掺入 2%～5%的小白菜种子一同播下去。可起到遮荫和防止雨后板结的作用。胡萝卜既可畦播也可高垄播种,平畦播种畦宽 120 cm,高垄条播时垄宽 50 cm,可条播两行。播种深度 1.5 cm 左右。因胡萝卜种子上有刺毛,不易与土壤紧密结合,播种后需适当镇压,以促进种子与土壤密切接触。

因播种时正值夏季,土温过高,蒸发量大,土壤易干燥。为保证胡萝卜苗齐、苗壮,可采用柴草遮荫,并经常灌水,保持土湿润,经常保持土壤相对含水量在 70%～80%,达到三水出苗。

(4) 田间管理　① 间苗、中耕,在 1～2 片真叶时要进行间苗,株距 3 cm,之后浅锄,除草保墒,促进幼苗生长,3～4 叶时进行第二次间苗,4～5 片叶时定苗。中小型品种株距 10 cm,大型品种株距 13～15 cm。② 除草,胡萝卜幼苗易出现草荒,播种时最好用除草醚 1 kg/667 m^2,稀释后进行土表喷雾处理,也可以用除草剂 1 号等其他除草剂。③ 灌溉与追肥,胡萝卜发芽期应浇水 3 次左右,营造一个土壤松软,利于发芽的土壤条件,以保苗齐苗壮,幼苗期前促后控,肉质根长至手指粗时是肉质根生长最快的时期,应及时浇水,使土壤经常保持湿润,如果水分不足,易使根木质化,侧根增多,如果前期干旱,而后期又浇水过多,会引起肉质根开裂,降低产量和品质,收获前 10 d 应停止浇水,以利于贮藏。

在施足基肥基础上,应根据胡萝卜生长发育规律合理追肥,整个生长季节可追肥 2～3 次,第一次在幼苗期结束后,施氮量 15～20 kg/667 m^2,15～20 d 后再追施复合肥 25～30 kg/667 m^2,再过 20 d 左右可再施一次复合肥。

(5) 收获　秋季胡萝卜要适期收获。收获过晚肉质根易受冻害,组织硬化降低品质。收获较早则产量低、营养品质不高。华北地区多在10月下旬—11月上旬收获。

2. 春胡萝卜栽培　春胡萝卜一般于春季播种夏季收获。由于这一茬口外界气温先低后高,容易发生未熟抽薹,再加之生长期短,产量较低。目前春胡萝卜的栽培面积不大,但如果管理的好也能获得较好的经济效益。

首先应选择耐低温、冬性强、不易抽薹的品种,如三寸、五寸、黄胡萝卜等品种。其次,要合理安排播种期,在3月中旬前后,当外界平均气温稳定在6～8 ℃时应及早播种,有条件的可进行简易保护栽培。三是要对种子行处理,以提高发芽率和出苗速度。第四,要进行垄作,有利于提高地温,也可以进行畦播。在管理上前期以增温保湿为主。后期可加大肥水管理。其余可参照秋胡萝卜管理。

第五节　葱蒜类

葱蒜类属于百合科葱属,多为二年生或多年生草本植物。其种类繁多,我国普遍栽培的有韭菜、大葱、大蒜、洋葱、韭葱等。

洋葱、大葱、大蒜起源于亚洲西部地区,韭菜、薤等起源于亚洲东部山区。这些地区气候条件变化很大,由于长期自然选择和人工选择培育的结果,使它们具备了广泛的适应性,可以在我国南部的亚热带地区和东北的高寒地区栽培,已成为深受欢迎的香辛类蔬菜。

一、韭菜

(一) 概况

韭菜(*Allium tuberosum* Rottl. ex Spr.)原产于中国,别名草钟乳、起阳草等。属以嫩叶、花茎及花序为主要产品的多年生宿根草本植物。韭菜属于耐寒而适应性广的蔬菜,在我国各地普遍栽培。南京以南地区可四季生长,而以北地区则冬季地上部枯萎,根系在土壤保护下休眠。

韭菜耐寒力很强,当气温下降到－6～－7 ℃甚至－10 ℃时,叶片才枯萎。5 cm地温为－15 ℃左右时,地下根茎仍能安全露地越冬。韭菜生长适宜温度为12～24 ℃,超过24 ℃,植株生长缓慢,纤维发达,辛辣味浓,品质变劣。在光照较弱和空气湿度较高时,韭菜生长速度快,质地柔嫩,品质好。韭菜在砂土、壤土和粘土均可栽培,但以肥沃的壤土为好。成株能在含盐量0.25%的土壤中正常生长。需保证氮肥供应,增施磷钾肥,可提高产量和品质。

中国韭菜品种资源十分丰富,按其食用部分不同可分为根韭、叶韭、薹韭和薹叶兼用韭四种类型。但现有品种多数属于花叶兼用种。以其叶片的宽窄还可分为宽叶韭和窄叶韭两类。①宽叶韭:主要品种有寿光独根红、汉中冬韭、杭州雪韭、791雪韭、平韭2号及大金钩等。②窄叶韭:亦称线韭,主要品种有北京铁丝韭、三棱韭、大青苗及小马蔺等。

(二) 栽培技术

1. 露地韭菜栽培

(1) 繁殖方法　繁殖方法可分种子繁殖和分株繁殖两种,但因分株繁殖系数低,产量低,应用

不普遍。

(2) 整地施肥　韭菜幼苗出土能力弱，播种前的精细整地是保证全苗的关键。土地耕后耙细，整平作畦。一般露地韭菜栽培或育苗用地，畦宽 1.5～2.0 m，长 20～30 m。

(3) 育苗　① 播种时期。韭菜育苗以气候凉爽(月均温在 15 ℃左右)，光照适中的春、秋两季为宜，在 3—5 月和 8—9 月下旬间进行。北方以春播为主。② 播种方法。韭菜育苗可采用干播或湿播法，在苗畦内撒播或按 10～12 cm 行距进行条播，多采取湿播法，覆土厚度 1.5～2 cm。为了促进幼苗早出土，也可进行浸种催芽。③ 苗期管理。韭菜由播种到出土所需天数，3 月上旬播种，播后 20 d 出苗；5 月上旬播种，只需 6～7 d。幼苗出土后，掌握前促后控，使秧苗生长健壮，管理任务主要是浇水、施肥、除草和灭虫。韭菜苗期水分管理的原则是轻浇、勤浇，经常保持畦面湿润，防止忽干忽湿。苗高 12 cm 左右时，每 667 m^2 顺水追施硫铵 15 kg。韭菜在苗期叶片纤细，生长缓慢，最易滋长杂草。应抓紧在小草出土前浅锄畦面防草。待苗高 12 cm 左右时，可喷 25%除草醚 0.5～0.75 kg/667 m^2，或用 33%除草通(施田补)乳油 150 g/667 m^2。

(4) 定植　韭菜除严冬酷暑季节外，均可移栽，但以春、秋两季为宜。一般在播后 80～90 d，苗高 18～20 cm，具有 5～6 片叶时进行。春播者在高温季节过后 7—8 月间定植，秋播者次年春 4—6 月定植。定植过晚，营养积累时间过短，分蘖少，鳞茎瘦小，根数少，造成第二年减产。

韭菜定植前，先起苗按大小棵分级。留根 2～3 cm 长。并剪去前端叶片，将鳞茎并齐理成小把，准备移栽。韭菜的栽植方式分开沟栽培和平畦栽培两种。开沟栽培便于培土软化，一般按 30～40 cm 的行距开沟，沟深 12～15 cm。穴距 15～20 cm，每穴 20～30 株，多者 40～50 株，由于行距加大，便于培土软化管理。平畦栽培按行距 13～20 cm，穴距 10～15 cm，每穴 6～10 株。栽植深度对韭菜寿命和分蘖均有影响。一般应遵循深栽、浅埋、分次覆土的原则。栽植时，以不埋没叶鞘为宜。栽植后踏实，然后及时浇水，使根部与土壤密接，以保证成活。新栽的韭菜，在缓苗后，天气干旱时应连浇 2～3 水，以促进根系生长。大暑到立秋天气炎热，韭菜生长缓慢，应减少灌水，注意中耕除草，如雨水多时，还要注意排水。

(5) 直播　直播的方法主要有条播、穴播和撒播三种，以条播为主。按其栽培方式，又可分为平畦直播和平地沟播二种。① 平畦直播。是在细致整地和施足底肥的畦内，按 20 cm 左右的行距开沟，沟深 7～10 cm，宽 10～12 cm，再将沟底踏平进行播种，播后覆土 2～3 cm。播种前如土壤干旱，应先浇水润地。② 平地沟播。在准备好的土地上按 30～40 cm 的行距开沟，沟深 10 cm 以上，沟宽 15 cm 左右，先踩实沟帮，然后沟内灌透水，水渗后在沟内播种覆土，随着秧苗生长逐渐培土成垄。直播的播期与育苗相同，播种量可适当减少，要力争播种均匀，覆土厚薄一致，以免幼苗生长不齐和缺苗现象。

(6) 田间管理　① 定植当年的管理。定植当年的韭菜，一般不行收割而着重养根，以培养健壮的株丛。定植后及时浇水，以利秧苗成活，当新叶发出后浇缓苗水，并中耕保墒，保持土壤见干见湿，如有积水应排除。入秋后，天气日渐凉爽，正值韭菜生长最旺盛时期，要充分供应肥水，促进叶的旺盛生长。为鳞茎的膨大和根系生长奠定基础。一般 5～7 d 灌水一次，并追施速效氮肥 2～3 次。以后气温逐渐降低，植株生长缓慢，根的吸收能力减弱，同时叶部的养分不断向鳞茎中运转，故应适量浇水和施肥，保持地表不干即可，若浇水过多，植株贪青徒长，回根慢，影响营养积累。入冬以后，气温迅速下降，地上部几经霜冻，逐渐枯萎，植株被迫进入休眠期，为了使地上根茎免受冬春干旱危害，稳定地温，在土地封冻前灌足冻水。在有条件时，用蒿草、马粪、枯枝落叶

等进行地面覆盖,以利越冬和返青。② 第二年以后的管理。a 春季管理。返青前,及早清除地上部枯叶杂草,耙平畦面,整理畦埂。韭菜开始萌发时,应深中耕松土一次,把越冬覆盖的粪土翻入土中作为肥料,也有利提高地温。当苗高 15 cm 左右,收割前浇一水,以促进韭菜生长增进品质。但由于早春气温较低,蒸腾小,灌水要适量。土壤墒情好,可在第一茬收割后再开始浇水。每次收割后都要耙地松土,增施有机肥,耧平畦面,以促进叶鞘生长和软化。除施足底肥外,还要"刀刀追肥",即收割一次追肥一次或两次速效化肥。由于韭菜有跳根(根系上移)的特性,为了促进新根生长,延长植株寿命,防止植株倒伏,因此需要逐年垫土。垫土宜用细碎土壤,在紧撮后选晴天中午进行,覆土厚度依跳根的高度而定,一般为 2 cm。b 夏季管理。由于夏季高温韭菜叶片组织纤维增多,质地粗糙,生长减弱而呈现歇伏现象。一般不收割,继续加强根株培养,为秋季生产打好基础。韭菜在夏季高温的情况下,最易发生灰霉病、枯萎病,要注意排水,防涝,防病虫草害。除采种田外,在花苔幼嫩时,及时采去,防止开花结实消耗养分。c 秋季管理。秋季气候凉爽,昼夜温差大,是最适合韭菜生长的季节,也是培养根株的最好时期。为了培养根株,必须继续加强肥水管理和防治病虫危害。其措施与第一年秋季的管理基本相同,但可根据植株长势,在8月下旬—9月下旬之间收割 1～2 次。在韭菜凋萎前 30～40 d,停止收割,使之自然凋萎,以提高根茎的营养积累,为越冬和春季生长创造营养条件。

(7) 收获 韭菜每年收割的次数,决定于植株生长势的强弱、施肥量的多少、及市场需要情况,一般春季韭菜鲜嫩味美,可以收割三茬。秋季品质虽好,但为了培育根株,为来年生长奠定物质基础,收割 1～2 次为宜。

韭菜收割间隔时间的长短,应看植株长势和气温高低而定。由返青到收割第一刀约需 40 d,第二刀约 25～30 d,第三刀 20 d。如肥水不足,每茬生长天数就会拉长,如收割日数间隔过短,鳞茎内无多余养分贮存,就会影响其后的产量。韭菜以七叶一心时为割韭的标准,韭菜以清晨收割最好,因为经过一夜的生长,品质特别鲜嫩,收割时要注意留茬高度,以刚割到鳞茎上 3～4 cm 黄色叶鞘处为宜,过浅产量降低,过深伤及鳞茎,影响下刀生长和整个植株的长势。以后每割一刀应比前茬略高,才能保证植株正常生长。定植后第 1 年产量较低,2～5 年为生长盛期,产量最高,5 年后产量下降,进入衰老阶段。

(8) 采种 韭菜一般在 7、8 月间抽薹开花,作为留种的韭菜,除加强肥水外,并应减少收割次数。一般选用 3～4 年生的植株留种最好。每 667 m^2 可收种子 60～100 kg。

2. 塑料大棚韭菜栽培 大棚韭菜可用当年春季播种的新株,或移栽 2～3 年的根株,行距 36～40 cm,撮距 20～25 cm,每撮不少于 30 株。栽后按露地韭菜的方法进行管理,秋季养根,一般不收割。

10 月下旬地冻前搭好棚架,11 月中下旬韭叶完全枯萎,植株回根,冻土层达 3 cm 以上时扣膜。回根不明显的雪韭类品种可连续生产,严霜前割一刀鲜韭后扣膜。高寒地区也可于次春 2 月上旬—3 月上旬扣膜。先清理和锄松畦面,晾晒 3～4 d,畦面铺施腐熟圈肥,或沟施有机肥、尿素和磷肥,然后结合浇水并用辛硫磷灌根防治韭蛆,待土壤稍干时扣膜。

覆膜后于晴天浅锄一次,提高地温,促进韭菜的萌发和生长。生长期间,棚内白天保持 15～20 ℃,夜间 5～7 ℃。严寒期间盖严棚膜,封住灌水口,棚温 5 ℃以下时,中棚内可再加小棚,小棚上盖草苫。春季收第二刀韭菜后,棚温超过 30 ℃时放风延长揭苫时间,棚温高、湿度大时,韭菜生长细弱,容易倒伏和感病,因此应及时通风,降温排湿,以减轻病害发生。

棚栽韭菜生长前期，主要依靠根茎中的贮存营养。冬季气温低，韭菜生长慢，加之棚膜密封，土壤水分蒸发量小，不宜浇水。收割两刀后，随着棚温升高和通风换气量的增大，开始浇水并适量追肥。扣棚后 45～60 d 即可开始收割，第一刀韭菜一般在元旦或 1 月中旬收割，以后每隔 25～30 d 收割第二刀和第三刀，收割三刀后撤棚。如果韭根健壮，还可收割一刀露地韭菜，然后行间施一层细碎的腐熟优质混合肥，锄松搂间畦土，露出根茎，晒根蹲苗。雨季注意中耕锄草、防病和排涝。秋季肥培养根，冬季再利用。

二、大葱

(一) 概况

大葱（*Allium fistulosum* L.）原产亚洲西部和中国西北高原。栽培历史悠久，遍及全国。大葱以鲜嫩的叶身和假茎为产品。葱类蔬菜包括普通大葱、分葱、胡葱和楼葱四种类型。分葱、楼葱都是普通大葱的变种。普通大葱和楼葱食用葱白为主。在北方栽培普遍，而分葱则多食用嫩叶，南方栽培较多。

大葱属耐寒而适应性广的蔬菜。种子在 13～20 ℃下发芽迅速，植株生长适温 20～25 ℃；低于 10 ℃生长缓慢，高于 25 ℃植株生长细弱，叶部发黄，容易发生病害；当温度超过 35～40 ℃时，植株则呈半休眠状态，部分外叶枯萎。处于休眠状态的植株，耐寒性很强，在～－30～－40 ℃的高寒地区亦可露地越冬。一定大小的大葱幼苗在 2～5 ℃的低温下，经过 60～70 d 完成春化过程大葱对光照强度要求偏低，适于密植。夏季光照过强，伴随高温干旱，叶面蒸腾作用加强，输导组织发达，纤维增多，叶身老化而降低食用价值。春秋两季气候凉爽，日照充足，有利于叶片生长。诱导大葱花芽分化及抽苔要求长日照。大葱耐旱力很强，但根系较弱，故要获得高产，仍需较高的土壤湿度。尤其是幼苗期及假茎肥大期要求 70%～80%的土壤湿度和 60%～70%的空气相对湿度。大葱适于排水良好，土层深厚肥沃的壤土中生长。沙壤土便于插葱、松土和培土，通气性良好，易获得高产。大葱要求的 pH 范围是 5.9～7.4。大葱生长前期要求较多的氮肥，生长后期需要较多磷钾肥。

普通大葱植株高大，葱白长达 30 cm 以上，分蘖力弱，以嫩叶和叶鞘为产品器官，用种子繁殖。依其葱白的长短可分为长葱白和短葱白两种类型。主要品种有章丘大葱、盖县大葱、华县大葱、莱芜鸡腿葱、河北对叶葱等。

(二) 栽培技术

1. 播种季节

(1) 秋播　第一年秋季 9 月下旬播种，以具有 3 片真叶，株高不超过 10 cm 左右越冬为宜。在生产上，往往由于播种过早或管理不当，越冬幼苗超过一定大小而引起翌春未熟抽薹。一般越冬幼苗以第二年夏季 6 月上旬定植，冬前收获，窖藏或露地越冬，第二年春季抽薹开花夏季采收种子。定植时的秧苗可于 5 月上旬至 6 月下旬作为小葱上市；也可在立夏前后采用平畦丛栽（撮撮葱）或缩小行株距栽成沟葱作秋葱供应，或越冬后作为早春羊角葱供应。

(2) 春播　早春土壤解冻以后播种，炎夏来临前作为小葱供应。或定植后当年收获干葱或沟葱。亦可作为越冬羊角葱或留种的种株。

(3) 夏播　多在 7 月下旬到 8 月上旬播种，又称伏葱。当年越冬时植株较大，易完成春化过

程，翌春萌发早而且很快抽薹开花。一般在羊角葱之后上市。

2. 育苗

(1) 播种　大葱种子的种皮厚而胚小，种子出土慢，苗期长。为了缩短占地时间，便于管理，一般均行育苗移栽。用种量为 1～3 kg/667 m^2，育苗时应进行浸种催芽。播后覆土 1.5～2 cm。

(2) 苗期管理　从播种到出土应经常保持床面湿润，防止床土板结。并结合浇水于出苗后追尿素 5 kg/667 m^2。幼苗越冬前要浇一次封冻水，也可盖一层厩肥，以确保幼苗安全越冬。返青后浇一次返青水，随着气温升高，进入幼苗生长盛期，应结合浇水，追肥 2～3 次，并进行除草间苗。春播的葱苗因苗期较短，同时播后温度逐渐升高，浇水次数与浇水量要适当增多，整个苗期应施 3～4 次肥，并注意除草，促进秧苗健壮。

3. 定植

(1) 定植时期　大葱定植时期一般在 6 月上旬到 7 月上旬之间，以早期定植为好。定植时秧苗以高 35～40 cm，茎粗 1～1.5 cm 为适宜。

(2) 整地　大葱适宜与农作物轮作，可选用小麦、春甘蓝、越冬菜等为前茬，前作收后及时翻耕晒土。沟距可根据葱白的长度而定。如章丘大葱的葱白长 50～60 cm，沟深约 20 cm。沟底集中施入腐熟有机肥 5 000 kg/667 m^2。

(3) 定植方法　定植前将葱苗按秧苗大、小分级定植。大苗稀植，小苗密植。一般行距 70～80 cm，株距 5～6 cm，每 667 m^2 可栽植 2×10^4～3×10^4 株，约需秧苗 250～300 kg。亦可采取单沟双行栽植，增加栽植密度，但培土较为困难。

大葱定植的方法，可分为插葱法和摆葱法两种。① 插葱法。按浇水先后可分为湿插和干插两种。前者先在沟内浇水，待水渗下后立即插葱，插葱后应保留插孔，使空气流通；后者先将葱秧插植于沟内，随插随将葱株两边的松土踏实。随后灌透水。插葱的深度以不埋没葱心为度，过深不易发苗，过浅影响葱白长度。② 摆葱法。摆葱法是将叶片靠在沟壁的一侧，摆放整齐后，根部土不超过葱心，栽后踩实，如土壤干旱应随即浇水。该法，有利缓苗，但易使葱白弯曲。

4. 田间管理

(1) 浇水和中耕　大葱定植后，进入夏季，植株及根系生理机能减弱，缓苗较慢。因此，促进根系生长是管理的关键。如天气不十分干旱，一般不宜多浇水，应加强中耕除草，疏松表土，蓄水保墒，促进根系发育。遇大雨注意排水，以防止葱沟积水而导致烂根、黄叶和死苗。

立秋以后，昼夜温差加大，进入生长盛期，同时随着气温下降，应增加浇水，浇水应在早晚进行，以后随着植株的旺盛生长而逐渐增加浇水次数，保持地面湿润，收获前一周停止浇水。

(2) 培土与追肥　大葱假茎的伸长是叶鞘基部分生带细胞的分生和叶鞘细胞伸长的结果，而叶鞘细胞的分生和延长，要求黑暗湿润的条件，并以营养物质的流入和贮存为基础。因此在肥水充足供应的同时，进行培土是软化叶鞘和增加葱白长度的重要措施，一般在缓苗后，结合中耕除草进行少量的覆土，雨季来临前，把栽植沟填平，立秋以后进行培土，以后每隔半个月培土一次。如章丘大葱，从八月到九月下旬培土 3～4 次，鸡腿葱培土 3 次即可。

培土须在上看午露水干后，土壤凉爽时进行。如土温过高，湿度过大，由易引直假茎腐烂。在第 1～2 次培土时，植株生长缓慢，培土应较浅；第 3～4 次培土时，植株生长迅速，培土厚度均以叶身和叶鞘交界处为宜，切不可埋没心叶。

追肥一般在立秋后开始，结合灌水培土进行，追肥以氮肥为主，适当增施磷钾肥。每 667 m^2

可追施尿素 15～20 kg 或有机肥 1 000～1 500 kg,9 月上旬以后,气候凉爽,植株开始旺盛生长,葱白增长速度急剧加快,要增加追肥,每 667 m^2 追施复合肥 30 kg。每次追肥后,应及时灌水。

5. 收获　大葱的收期,因地区气候差异而有早晚。一般当外叶生长基本停止叶色变黄绿,在土壤封冻前 15～20 d 为收获适期。如山东章丘大葱为 11 月上旬到 11 下旬收获。收获后,抖去泥土,适当晾晒,束成小捆,于阳光充足和干燥地方进行晾晒,待叶身和外层叶鞘稍干时,贮于冷凉干燥的地方,以随时供应市场。

6. 青葱栽培　青葱以管状叶为产品,栽培季节不甚严格,除严冬酷暑外,均可随时播种。根据不同播期与茬口安排,主要包括小葱、伏葱和羊角葱。亦可在塑料大棚内冬春上市。

三、大蒜

(一) 概况

大蒜(*Allium sativum* L.)原产亚洲西部高原,汉代张骞出使西域引入中国。大蒜以其独特杀菌、抗病和保健作用深受各国人们的喜爱。

大蒜的适应温度范围－5～26 ℃,可短期忍耐－10 ℃低温,大蒜鳞茎通过休眠后 3～5 ℃就可发芽,叶片生长适温 12～16 ℃,蒜薹伸长和鳞茎膨大适温 15～20 ℃,高于 26 ℃地上部渐枯黄,鳞茎停止发育进入休眠。大蒜幼苗遇 0～4 ℃低温,经过 30～40 d 完成春化过程。如发芽后不能满足春化适温要求,则不分化花芽,而形成无薹多瓣蒜或独头蒜。之后,在日照 13 h 以上和较高温度下,完成光照阶段。若日照时数不足 13 h,大蒜将继续分化新叶,而不能形成鳞茎。适于大蒜生长的土壤为壤土或轻粘壤土。大蒜吸收氮、磷、钾的比例为 4.2∶1∶3.8。适宜 pH5.5～6.0。

中国大蒜资源丰富,依鳞茎大小、多少,可分大瓣蒜和小瓣蒜;依鳞茎外皮的色泽可分紫皮蒜和白皮蒜两大类;依蒜薹的有无可分为无薹蒜和薹瓣兼用蒜。主要品种有苍山大蒜、苏联蒜(杂交蒜)、嘉定大蒜、射阳大蒜、二水早、蔡家坡大蒜、狗牙蒜、拉萨白皮大蒜等。

(二) 栽培技术

1. 整地施基肥　大蒜根系入土浅,要求表土营养丰富,因地膜覆盖栽培大蒜施肥不便,加之养分淋溶减轻,播种前除施腐熟优质厩肥 5 000 kg/667 m^2 外,每 667 m^2 还应施入过磷酸钙 50 kg、尿素 15 kg、硫酸钾 15～20 kg 等速效化肥。

2. 精选蒜种　蒜种大小与产量有密切关系。蒜种愈大,长出的植株愈茁壮,所形成的鳞茎愈肥大。因此,收获前要选头,播种时要选瓣。选择标准是:蒜瓣肥大、色泽洁白、无病斑、无伤口的蒜瓣。然后将蒜瓣分为大、中、小三级,即百瓣重 500、400、300 g。播种时,选用一、二级蒜种,三级因瓣太小不宜做种用,但可作为栽培蒜苗用。

3. 播种　秋播大蒜的适宜播期为 9 月下旬—10 月上旬,春播以土壤解冻后尽早进行。根据大蒜根系的特点,要求精细整地,深耕细耙,畦面平整。播前施足腐熟的有机肥料,作为平畦,畦宽 1～1.9 m,畦长以灌水均匀为度。每畦播种 6～11 行,行距 7～20 cm 左右。覆土 2 cm。株距依品种及栽培目的而定,以生产鳞茎为目的的品种,株距为 13～15 cm,密度为 25 000～30 000 株/667 m^2;以生产蒜薹为目的的品种,株距为 8～10 cm,密度为 40 000 株/667 m^2 左右。播种时,将大蒜瓣的弓背朝向畦向,以使大蒜叶片在田间分布均匀,采光性能好。播种后浇透水。播

种后 3～5 d 喷洒 33%除草通（施田补）乳油 150 g/667 m^2，然后覆盖地膜。

4. 田间管理　大蒜播后 7～10 d 即可出土，此时应用小铁钩及时破膜引苗，以使蒜苗顺利顶出地膜。如果墒不足，可浇一小水，促进发根出苗。秋播大蒜苗期较长，主要生长季节在秋末和初春，管理的主要工作是使幼苗生长健壮，防止徒长和提早退母，加强追肥、中耕、保护幼苗安全越冬。翌春幼苗返青后，可于清明（4 月 5 日）前后，视植株长势及天气和土壤情况浇水追肥一次，追尿素 20 kg/667 m^2，并用辛硫磷等结合浇水灌根防治蛆害。

植株进入旺盛生长期后，对肥水需要显著增加。应每 10～15 d 浇水一次，当新蒜瓣形成后，需要钾量增加，应追施一次草木灰或钾肥。蒜薹采收前 3～4 d 停止浇水，以免蒜薹脆嫩折断。

蒜薹采收后，植株中的营养逐渐向鳞茎中运转，鳞芽进入膨大盛期，需水量增加。在蒜薹全部收完后，要增加灌水次数，保持土壤湿润，大蒜采收前 5～7 d 停止浇水，以防止土壤湿度过大，引起蒜皮腐烂，鳞茎松散，不耐贮存。

5. 收获

(1) 蒜薹收获　及时采收蒜薹不仅能获得地柔嫩的产品，同时还能节省养分，促进鳞茎迅速膨大。当蒜薹露出叶口 15～20 cm，是蒜薹收获时期。采薹过早降低产量，不易抽断。采薹时，尽量不要损伤叶片和叶鞘，以免影响养分的制造和输送，降低鳞茎产量。

(2) 鳞茎收获　蒜薹收获后 15～20 d，植株叶片逐渐枯黄，假茎松软，为鳞茎收获适期。收获过早不仅减产，也不耐贮藏；过晚蒜瓣容易分离，不便收获。

收获后，要及时晾晒，晒叶不晒头，否则鳞茎发绿，内部组织成烫伤状，贮藏时易腐烂。待假茎变软时即可编辫，继续晒晾，待干燥时即可贮藏。

6. 大蒜二次生长现象　在大蒜的生长发育过程中，常会出现鳞茎延迟进入休眠而再次分化和生长叶片，形成次级植株，甚至产生次级蒜薹和次级鳞茎，这种现象称为大蒜的二次生长。发生二次生长的大蒜，蒜瓣增多、变小、鳞茎松散、排列错乱，大大影响大蒜的产量和品质。

发生二次生长的原因大致包括下面一些因素：不同品种对二次生的反应不同，如蔡家坡蒜和一些早熟品种容易发生二次生长；地膜覆盖，春季 2、3 月份温度偏高，秋播时播种过迟，春季施氮及浇过水多或密度过小，栽培管理不当等，都易引起二次生长。

7. 大蒜的种性退化及防止措施　大蒜种性退化现象是目前生产上存在的主要问题。退化的表现是植株矮小，假茎细，叶色变淡，鳞茎变小，小瓣蒜和楔子蒜增多，产量逐年降低。发生退化原因主要是由于长期无性繁殖，病的侵染使大蒜生活力减退。另外，土壤贫瘠、肥水不足、高度密植，以及采薹过晚、假茎损伤过重等不良的栽培条件和培育方法，也会加速大蒜的退化。

为了解决蒜种退化，可通过茎尖脱毒，气生鳞茎复壮，异地换种等措施，不断提高种性。

四、洋葱

（一）概况

洋葱（*Allium cepa* L.）俗称圆葱、葱头。原产于地中海及中亚地区，约 20 世纪引入中国，各地普遍栽培。

洋葱耐寒适应性广，生长适温为 12～26 ℃。洋葱种子和鳞茎可在 3～5 ℃时开始缓慢发芽，温度升高至 12 ℃以上发芽迅速。苗期生长适温为 12～20 ℃，耐寒能力较强，能够忍耐 0 ℃以下

低温,甚至时间－6～－7 ℃的低温也不致冻死。所以华北秋播洋葱可以幼苗露地越冬。鳞茎形成需要 20～23 ℃的温度,当温度超过 26 ℃时,鳞茎便停止生长,进入生理休眠。洋葱是低温长日照作物,一定大小的洋葱幼苗,在 2～5 ℃的低温下,经过 60～70 d,即完成春化过程。洋葱完成春化过程以后,在长日照和 15～20 ℃的温度条件下,才抽薹开花。较长日照和较高温度也是鳞茎形成的必需条件,鳞茎形成对日照的要求因品种而不同。洋葱根系浅,要求肥沃,疏松,保水保肥力强的壤土或轻粘壤土。适宜土壤 pH 6.0～7。洋葱对土壤营养要求较高,幼苗以氮素为主,鳞茎膨大期增施磷钾肥,能促进磷茎肥大和提高品质。

洋葱分普通洋葱、顶生洋葱和分蘖洋葱三个类型。普通洋葱按熟性可分为早熟、中熟和晚熟品种;按鳞茎皮色,可分黄皮、红皮和白皮种。主要品种有:黄玉葱、荸荠扁、日本富永 6 号、富永 8 号、OP 黄、中高黄、天津大水桃、西安红皮、上海红皮、淄博红皮、美国白地球、白珠、白比伦等。

(二) 栽培技术

1. 栽培季节及栽培方式　洋葱幼苗生长缓慢,占地时间长,而鳞茎形成期又需要有一定的温度和长日照条件。还必须避开炎夏季节,因此需要育苗移栽。由于各地区的情况不同,洋葱栽培有以下三种方式。

(1) 春播育苗法　早春利用温床或冷床育苗,待苗长有 3～4 片叶时露地定植,当年炎夏以前收获。在北京以北冬季严寒地区,幼苗不能越冬都以春播育苗为主。春播育苗的播期,一般在当地适期定植前 60 d 进行。

(2) 秋播育苗法　秋播培育秧苗,当年秋季定植田间,或次年春季定植,夏季收获。在北京以南地区均行秋播育苗,其播期各地都不一致,晋南、陕西中南部、河南、山东一带以 9 月上旬—9 月中旬播种,而南方亚热带地区栽培,常在近冬播种。

洋葱秋播育苗的播种期要求比较严格,播种过晚幼苗弱小,越冬时抗寒能力差,幼苗死亡率高,而且春季定植后生育期延迟,鳞茎发育期短,产量降低。但播种过早,越冬前幼苗粗大,翌春易造成大量植株的未熟抽薹,影响鳞茎的膨大,降低产量质量。

(3) 小球法　在第一年春季密播种子,到夏季形成直径 1 cm 左右的鳞茎小球,干燥后贮藏,翌年解冻后定植,此法产量较高。但小球贮存比较困难。

2. 播种育苗　播种宜选疏松、肥沃、排灌方便且前茬不是葱蒜类蔬菜的地段,整地要求浅耕细耙,做到土面细碎平整,肥料腐熟而撒施均匀,苗床播种方法与大葱相同,每 667 m^2 用种 1.5～3.0 kg,可供 7 000 m^2 栽植田使用。

出土前保持土壤湿润,幼苗出土后,适当控制肥水,但若底肥不足,幼苗黄弱时,应结合浇水进行追肥,苗高 5～6 cm 时,要进行间苗、除草,保持苗距约 3 cm 见方。苗高 15～20 cm,假茎粗 5～8 mm 时移植。

3. 定植　洋葱定植时间分秋栽和春栽。北京以南各地采取秋栽,在严寒到来前 40 d 左右定植,使越冬前根系已恢复生长。春栽应尽量提早,在土壤冻后即可定植。定植前地膜覆盖,并按幼苗高度及茎基部的粗细分别栽植。一般行距 15～18 cm,株距 13～15 cm,每 667 m^2 可栽植 2.5×10^4～3.5×10^4 株,红皮品种的栽植密度应比黄皮品种为小。

洋葱适于浅栽。栽植过深时,叶部生长过旺,会使假茎部分增粗而影响鳞茎膨大。但栽植过浅时,浇水后容易倒伏,影响缓苗,并且植株矮小,鳞茎提早形成,同时有的鳞茎外露,日晒后变色或开裂,降低品质。一般栽植深度以埋没小鳞茎为准,约 2 cm,沙质土可稍深。

4. 田间管理

(1) 浇水　冬前定植的秧苗，由于气温低，蒸发量小，幼苗生长缓慢，除定植后浇1～2水促进缓苗外，应控制浇水，冬前浇冻水，然后盖粪土，护根防寒。

翌春返青后，及时浇返青水，促其返青生长。早春气温较低，蒸发量和植株生长量小，为了提高地温，在进入发叶盛期以前，浇水不宜过勤，并要及时中耕保墒，使土壤保持疏松湿润，以利根系生长。进入发叶盛期，应适当增加灌水。当鳞茎膨大前10 d浇一水后行深中耕，进行蹲苗，促使植株健壮，为以后鳞茎发育奠定基础。

进入鳞茎膨大期后，植株对水分要求日益增多，气温也逐渐升高，浇水次数也随之增加，土壤要经常保持湿润，灌水时间以早晚为好。如果此时水分不足，植株早衰，鳞茎变小而减产。鳞茎接近成熟期，叶部和根系的生活机能减退，应逐步减少浇水。收获前7～8 d停止浇水，减少鳞茎中的水分含量，有利贮藏。

(2) 追肥　冬前定植的洋葱，结合返青水，轻追肥一次，每667 m^2 施入有机肥1 000～1 500 kg，氮磷钾复合肥50～75 kg，促使返青发棵。返青后30 d，随气温上升，植株进入生长盛期，需肥量增加，应结合浇水，第二次追尿素20 kg硫酸钾15～20 kg。近青后50～60 d，鳞茎开始进入膨大时期，应重施1～2次追肥，每667 m^2 施硫酸铵20～25 kg，并应增施钾肥。

(3) 摘薹　发现未熟的抽薹的植株，应及时摘除花薹，促使侧芽萌动长成新株，形成鳞茎，因此，摘薹工作宜及早进行，摘薹过晚使新生鳞茎形成延迟，同时花薹中空，摘薹后雨水渗入花茎，容易引起腐烂，严重影响产量。据调查适时摘薹，可以减少损失30%以上。

5. 收获　洋葱收获期一般在炎夏以前，夏季无高温地区，可延至初秋。当洋葱叶片变黄，假茎变软并开始倒伏，鳞茎停止膨大进入休眠阶段，即为鳞茎成熟，应及时收获。为了减少贮藏期间的腐烂，收获前7～8 d要停止浇水，同时要抢在雨前采收，雨后收获的洋葱容易造成大量腐烂。收获时要选择晴天。洋葱挖出后，在田间晾晒3～4 d后，编辫挂在通风干燥处晾干，贮藏。

第六节　绿叶菜类

绿叶菜类是指以鲜嫩的绿叶、叶柄、或嫩茎为产品器官的一大类蔬菜。它们具有适应性强、品种资源丰富、生长期短、生长速度快、播种期和采收期灵活等特点，加之这类蔬菜种类繁多，形态、结构、风味各异，在蔬菜的周年供应方面具有重要的地位。除栽培的外，有些野生或半野生的草本植物中有不少包括在绿叶菜的范畴内。

一、芹菜

(一) 概况

芹菜(*Apium graveolens* L.)为伞形科芹属形成肥嫩叶柄的二年生草本植物，别名芹、旱芹、药芹。起源于地中海沿岸地区。

芹菜喜较冷凉的气候条件，耐寒性较强，发芽的最低温度为4 ℃，最适温度为15～20 ℃，低于15 ℃或高于20 ℃会降低发芽率，延长发芽时间。幼苗可耐－4 ℃～－5 ℃的低温，成株可耐

−7～−10 ℃的低温。品种之间耐寒能力不同。光照可以促进芹菜种子的发芽,在生长阶段以中等光强为宜。长日可促进苗端的花芽分化,促进抽薹,短日则相反。芹菜根系吸收能力较弱,需要较高的土壤湿度和空气湿度,特别是营养生长期,必须保证足够的水分。芹菜适宜富含有机质、保水保肥的壤土或粘壤土。

芹菜依叶柄颜色可分为绿芹、白芹和黄芹。依叶柄充实与否又可分为实心芹和空心芹。目前多根据叶柄形态将芹菜分为中国芹和西芹(洋芹)两大类。中国芹菜主要品种有实杆绿芹、白庙芹菜、铁杆芹菜、黄苗芹菜、福山芹菜、春丰芹菜等。主要西芹品种有金羽、金自白、加州王、佛罗里达 683、优它、白羽、白珍、康尔 619、意大利冬芹。还有中国芹和西芹杂交的品种,如玻璃脆等。

(二) 栽培技术

1. 秋芹菜栽培　秋芹菜是各茬口中面积最大,产量最高。由于播种时正值高温季节,所以在生产上应提高播种质量。秋芹菜可直播也可育苗。生产上多进行育苗移栽。

(1) 育苗　为保证苗齐、苗全、苗壮。生产上应抓好以下几个环节。① 苗床准备:选择地势高燥、能排能灌、土壤肥沃的沙土壤土为育苗畦。每 667 m² 施基肥 6～7 m³,复合肥 15～20 kg,深翻、整平、耙细,做成宽 120～140 cm 的畦,做畦前取出部分畦土,过筛备作覆土用。② 种子处理:芹菜为喜凉性的作物,播种时期又在 6—7 月份的高温条件下,种子出苗难,发芽率低,苗子参差不齐。因此,播种前应进行种子处理。一般多作低温浸种催芽,先将种子用冷水浸泡一昼夜后,在 15～20 ℃的条件下无论采取何种方法应保证这一温度条件,如放入井中催芽)催芽 3～4 d,大部分种子发芽后即可播种。也可以用药剂浸种处理,如用 1 000 mg/L 硫脲或 5 mg/L 赤霉素浸种 12 h,有代替低温浸种作用。③ 播种:夏季应在早晚或阴天播种,用湿播法(即落水播种法),先浇足底水,水渗下去后,将种子掺少量细土后均匀的撒播在畦中,每 677 m² 用种量 1.2～2.0 kg,可栽 5 000～6 000 m²,播种后随即覆土。④ 苗期管理:播种后可在畦面上搭盖荫棚、遮阳网或其他遮阳物等以形成花荫,防止阳光直射或雨水冲击,并降低畦面温度,以利于出苗。苗出齐后逐步揭去遮阳物,逐步加强对幼苗的锻炼。遮荫物最好在早晚或阴天撤除,并先浇水降低床温,勿在中午强光高温时揭去覆盖物。用小白菜与芹菜混播,因小白菜出苗快,可为芹菜出土时遮荫。苗期还应多浇水,始终保持土壤湿润,一方面可以满足芹菜生长对水分的需要,另一方面还可降低土温。浇水宜在早晚进行,水量要小,防止冲击幼苗。大雨过后还应及时排水。苗期间苗 1～2 次,使每株营养面积达到 8～10 cm²,同时注意防除杂草。

(2) 定植　立秋后温度开始下降,为芹菜的定植适期。定植田内要施足底肥,耕耙后做成宽 120～140 cm 的低畦。软化栽培的可用沟栽,沟距 55～60 cm,为减少培土后的腐烂,行间的土壤可以不施有机肥。定植宜在阴天或午后进行,以利于缓苗。定植时大小苗分开,定植深度以不埋住根茎为度。否则易死苗。平畦栽培的行株距各为 13～15 cm,每穴 2～3 株。单株栽培时行株距各 10 cm。

(3) 田间管理　定植到收获约需 70～90 d,可分为三个时期进行管理。① 缓苗期。从定植到缓苗约需 15～20 d。由于定植时仍处于高温季节,定植后应小水勤浇,保持土壤湿润,降低土温,促进缓苗。当植株心叶开始生长时可结合浇缓苗水追施少量的化肥,以促进根系和叶的生长。② 蹲苗期。缓苗后气温逐渐降低,植株开始生长,但生长量、需水量并不大,应控制灌水,促进根系发育,防止徒长。一般在浇缓苗水后,中耕、保墒,蹲苗 10～15 d,当植株团棵时,心叶开始

直立生长，地下部长出大量新根时，标志植株已结束外叶生长期而进入心叶肥大期，应结束蹲苗。③ 营养生长旺盛期（心叶肥大期）。心叶开始直立后，日均温已降到 20 ℃以下，植株生长加快，一直到日平均气温下降到 14 ℃时是生长最快的时期，也是产品器官形成的关键时期，约持续 30 d，以后的 20～30 d，由于气温渐低，生长减慢。外叶的营养向心叶及根茎转移。心叶肥大期是增产的关键时期，要保证充足的水肥。一般在蹲苗结束后，应立即追氮肥，以后再追施 2～3 次。土壤缺钾时还应追施钾肥。这一时期地表布满须根，切不可缺水，一般每 3～4 d 浇水一次，霜降后逐渐减少灌水量，以免地温太低影响叶柄肥大。准备贮藏的芹菜收获前 7～10 d 应停止浇水。

软化栽培的芹菜，当植株高达 35 cm 左右时，天气已凉爽，开始培土。气温高时培土后易使植株腐烂，培土前一定要浇足水，一般培土后不再浇水。培土应在下午进行，每次培土的厚度以不埋心叶为度。共培土 4～5 次。培土厚度 15～20 cm，经过培土软化的叶柄洁白柔嫩，品质上层。另外，培土还有防寒作用，可适当延长生长期和延迟收获，增加产量。

（4）收获　当植株高达 50～60 cm 以上时即可陆续收获，准备贮藏的芹菜在不受冻害的前提下，应适当延迟收获，收获过早温度高贮藏时易腐烂，收获过晚易受冻害，也不耐贮藏。收获时连根铲起，削去侧根后扎捆。

2. 塑料大棚芹菜栽培要点　塑料大棚栽培芹菜应选择抗寒性强，不易抽薹、优质抗病的品种，如春丰、菊花大叶、津南实芹 1 号等。要根据大棚的保温条件决定播种和定植期。大棚栽培既可春季早熟栽培，也可以秋季延迟栽培，华北地区秋季栽培播种期一般在 8 月—9 月上旬。早春播种期一般在 12 月中旬前后。苗期白天 20～22 ℃，夜间 13～14 ℃，产品器官形成期白天/夜间 20～24/10～15 ℃，超过 25 ℃应进行通风。其他管理可参照秋芹菜进行。

3. 其他茬口　春芹菜的播种期可秋季播种，幼苗越冬，也可早春阳畦育苗。春芹菜宜用冬性强的品种，越冬栽培时华北地区多在 9 月中旬—10 月上旬播种。早秋芹菜可在 5 月份播种。日光温室芹菜可在 7 月中旬—8 月中旬播种。西芹可参照中国芹栽培。

二、莴苣

（一）概况

莴苣（*Lactuca satiua* L.）是菊科莴苣属以叶片、叶球或嫩茎为产品的二年生草本植物。又名千金菜、生菜。起源于地中海沿岸地区，由野生种演变而来，世界各地普遍栽培。

莴苣属于耐寒性蔬菜，耐热性较差，发芽适温为 15～20 ℃，最低为 4 ℃，25 ℃以上发芽受阻，茎叶生长适温为 10～20 ℃，在 9～15 ℃的夜温下有利于茎的肥大。幼苗可耐 −5～−6 ℃的低温，肉质茎在肥大阶段遇到 0 ℃下的低温易受冻害。莴苣开花结实要求 20～29 ℃。莴苣要求低温通过春化阶段，并要求中等的光照强度，对日长的反应早熟品种敏感，中熟品种次之，晚熟品种迟钝。莴苣根系浅，叶面积较大，耗水量较多，故喜潮湿，忌干燥。莴笋根对氧的要求高，以土层肥沃、富含有机质的壤土或轻粘壤土为宜。莴苣需肥量较大，尤其需氮肥较多，但在施肥时应氮、磷、钾平衡供应。

莴苣可分为皱叶莴苣、直立莴苣（又称散叶莴苣）、结球莴苣、茎用莴苣（又称莴笋）。中国南北各地品种繁多，按叶片颜色分为白、绿、紫叶莴笋；按茎的颜色分为白、青笋；按叶片形状可分为尖叶莴笋和圆叶莴笋。① 尖叶莴笋。较晚熟，苗期较耐热，可秋季或越冬栽培。主要品种有上

海的小尖叶、大尖叶，尖叶白笋、尖叶青笋、柳叶莴笋、雁翎笋等。② 圆叶莴笋。早熟，耐寒性较强，耐热性较差，品质好，多作越冬栽培。主要品种有北京鲫瓜笋、北京柳叶、潼关铁杆、上海大圆叶、济南圆叶、济南尖叶、陕西圆叶、成都挂丝红等。

(二) 栽培技术

1. 春莴笋　春莴笋要求早春尽可能提早上市，以弥补春淡。但目前露地生产中存在越冬死苗，春季上市晚及后期“窜”的问题。生产中应针对上述问题采取相应的栽培措施。

(1) 品种选择　宜选用冬性强、耐寒、早熟的品种，如各种圆叶莴笋。

(2) 播种与育苗　春播时在叶簇及茎肥大期气温已高，不适于茎的肥大，产量低，上市晚，所以露地可以越冬的地区应尽量秋播，华北地区以 9 月上中旬为宜。如播种过晚，幼苗小，易受冻害。但也不能播的太早，幼苗生长过旺一方面易受冻害，另一方面花芽分化早，翌年春季易抽薹。用湿播法播种，每 667 m^2 用种量约为 1.5 kg，苗床面积与栽植面积为 1∶100，幼苗出土后应及时间苗，保持苗距 3～4 cm，若在阳畦中保护越冬，则在 3～4 叶时分苗。苗距 5～6 cm，苗期适当控制灌水，使叶片肥厚，平展，防止徒长。

(3) 整地施基肥　对于栽莴笋的地块要施足底肥，每 667 m^2 施优质圈肥 5～8 m^3。如为春地最好在冬前深翻晒垡，开春后结合施基肥浅耕一遍，耙平后作畦，畦宽 120～150 cm。

(4) 定植　冬季可露地越冬的地区可冬前定植，这样根系发育好，翌年春天生长快，可提早上市，产量也高，若秋播晚，幼苗小，冬季不能安全越冬的地区，可在春季土壤解冻后及早定植。定植挖苗时多带根系，如果带根少不易缓苗。定植的株行距可在 30 cm 左右。

(5) 田间管理

冬前管理　定植至缓苗后，施速效氮肥，促进叶数和叶面积增加，深中耕后控制灌水，进行蹲苗，使之形成发达的根系，如浇水过多，苗子易徒长，不抗寒，且翌年易“窜”。封冻前施马粪或圈肥，盖在植株周围，保护幼苗以利于越冬。

返青期管理　翌年返青后叶生长占优势，要少浇水多中耕，保墒、增温，促进根系和叶面积的增加，为茎部肥大打下基础，但要防止“窜”。

茎肥大期管理　幼苗团棵后，施一次速效氮肥，当长出两个叶环，心叶与莲座叶平头时，茎部开始快速肥大，应及时浇水，施速效氮肥，由控转向促。这次的肥水对产量的形成十分重要，一定要浇的及时。如果浇早了一方面叶徒长，养分不能积累，茎部容易“窜”。二是浇水后降温，影响叶的正常生长。三是浇水后温度降低，植株的抗病能力下降。如果这次水供应晚了也会在一定程度上使产量降低。此期既要促进茎的肥大，又要防止“窜”，这是栽培上的关键。群众总结了莴笋有“三窜”，即“旱了窜、涝了窜、饿了窜”。因此在生产上必须了解叶片与茎生长的相互关系，根据具体情况进行水肥等田间管理。茎开始肥大后需肥水逐渐增多，应掌握地面稍干时就浇，且要浇水均匀，进行 1～2 次的施肥，每次施肥量不宜过大，以防茎部开裂。

(6) 收获　莴笋主茎顶端与最高叶片的叶尖长平时 (即“平口”) 为收获适期。此时茎部已充分肥大。品质脆嫩，如收获太晚，花茎过长，纤维增多，肉质变硬甚至中空，使品质下降。

2. 秋莴笋　秋莴苣宜选择耐热，不易抽薹，对高温和长日反应迟钝的尖叶品种。在华北地区秋莴笋播种期一般在 7 月下旬至 8 月上旬。此时正值高温季节，特别是夜温较高，呼吸强，苗易徒长，同时播种后日照较长，容易促进花芽分化，造成未熟抽薹 (窜薹) 。各地可根据当地的气候特点，在适期范围内尽量适期晚播。育苗苗龄 25 d，4～5 叶时定植为宜。密度与管理方法同

春莴笋。

3. 叶用莴苣　叶用莴苣也分春秋两季栽培。一般供栽培上选用的中早熟结球莴苣品种有玛来克、奥林皮亚等。中熟品种有凯撒、皇帝等。晚熟品种有大湖659等。散叶的有岗山沙拉菜。皱叶莴苣有绿波、软尾、83～98等。春莴苣多于2—3月保护地育苗。秋莴苣多于7月下旬至8月中旬播种育苗。管理方法基本同莴笋。

三、其他绿叶菜

其他绿叶菜还有番杏(新西兰菠菜)、蕹菜、落葵、茴香、芫荽、茼蒿、冬寒菜、苋菜、薄荷等。栽培技术可参照以上三种绿叶菜栽培方法。

第七节　豆类

豆类蔬菜在中国栽培历史悠久,种类多,分布广。普遍栽培的有菜豆、豇豆、扁豆、毛豆、豌豆、蚕豆、刀豆等。豆类蔬菜以嫩豆荚和鲜豆粒作菜用,营养价值高,除维生素和矿质元素外,还富含蛋白质、脂肪和糖类等。

豆类蔬菜除豌豆和蚕豆外皆原产与热带,为喜温性作物,不耐低温和霜冻。豌豆和蚕豆原产温带,耐寒力较强,为半耐寒性蔬菜,宜在温和季节栽培。多数豆类蔬菜对日照长度要求不严,但苗期在短日照下能促进花芽分化,降低第一花序的着生部位。豆类蔬菜根系较发达,根系的木栓化程度高,侧根的再生能力弱,栽培上以直播为主,也可以营养钵等容器育苗。豆类蔬菜营养生长与生殖生长之间的矛盾突出,落花严重,应采取合理的栽培技术措施。

一、菜豆

(一) 概况

菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)又名芸豆、四季豆、玉豆等,豆科豆属,原产于南美洲。菜豆除供鲜食外,还可腌渍、制罐加工等。

菜豆喜温暖,不耐低温和霜冻,种子发芽的最低温度为10 ℃左右,最适宜温度为20～30 ℃,40 ℃以上或10 ℃以下不易发芽。幼苗期、抽蔓期和开花结荚期生长适温为18～25 ℃,30 ℃以上或15 ℃以下花芽发育及授粉受精不良,易造成落花落荚。菜豆光饱和点为34 000～45 000 lx,光补偿点为1 500 lx。不同品种对日照长短反应不同,分短日型、中日型和长日型三类,以中日型品种为多。菜豆开花结荚期对土壤和空气湿度要求严格,适宜的空气相对湿度为80%,若土壤和空气干旱,易落花落荚数。而降雨多造成田间积水或空气相对湿度过大时花粉不能发芽,不利受精,结荚率下降。菜豆生育过程中吸收钾肥和氮肥较多,其次为磷、钙,还要求足量的硼和钼。

菜豆依据其生长习性可分为蔓生、半蔓生、矮生3个类型。① 蔓生型的主要品种有:双季豆、双丰、623、碧丰、春丰2号、芸丰、绿丰、丰收1号等。② 矮生型的主要品种有:优胜者、供给

者、吉农引快豆、推广者、日本极早生、冀芸2号和早熟14号等。③ 半蔓生型的代表品种有老来少芸豆（也可归蔓生型）、早白羊角芸豆、双青12号等。

（二）栽培技术

限制菜豆栽培的主要因素是温度。北方大部分地区露地春秋两季栽培，目前，随着保护设施的逐步改进，已基本实现四季生产，周年供应。南方地区只要能满足温光条件，根据需要可随时播种。

1. 日光温室菜豆栽培技术

（1）品种选择　在日光温室的越冬茬和冬春茬栽培中，应选择耐低温弱光、抗病、产量高、品质优的品种，如嫩丰2号、丰收1号、芸丰、绿丰、老来少、新西兰3号等。早春茬和秋延迟茬则应选择耐寒耐热、抗病虫危害、高产优质品种，如法国1号、法国2号、绿龙、双青12号等，也可用日光温室的品种。

（2）育苗　选具有本品种特征、子粒饱满、富有光泽的健籽，放入25～30 ℃的温水中浸泡2 h左右，捞出后用湿布包好，放在20～25 ℃条件下催芽，每天淘洗3～4次，芽长0.5～1.0 cm时播种于营养钵或营养土块中，每钵或块播3～4粒，播种前浇足底水，播种后覆土2 cm，随即地膜覆盖。育苗期间，畦内温度控制在白天25 ℃左右，夜间15～18 ℃，出苗时去掉地膜。定植前10 d大温差炼苗，以提高抗性。苗期喷水1～2次，保持土壤湿润，但不可过湿，以防烂种。一般播种后25 d左右，幼苗第一对真叶展开，复叶出现时即可定植。

（3）合理密植　日光温室栽培菜豆，一般采用大小行或小高畦定植，大行70～80 cm，小行50～60 cm，蔓性品种，穴距25～30 cm，每穴2株，每667 m^2 栽6 500～7 300株 矮生型品种穴距20 cm左右，穴2株，每667 m^2 栽10 000株左右。小高畦宽60 cm，每畦栽2行，株距同上。

定植的方法是按照计划行距或小高畦两侧开穴，穴深以放置上苗坨后，苗坨上面与畦面平为宜。然后浇水，待水渗下后放苗并覆土。菜豆也可直播，按穴距20 cm左右开穴，深约1.5～2 cm，浇水后每穴播种3～4粒，随即覆土2 cm。

（4）室内管理　菜豆对温度变化的反应敏感，生长期间宜应调节好棚温。定植或播种后5～7 d内不通风，白天保持25 ℃左右，促进缓苗或出苗，夜温低时棚内加小拱棚保护。缓苗后开始小通风，适当降低棚温，防止幼苗徒长。以后，白天保持20～25 ℃，夜间15～20 ℃。开花结荚期适当提高温度，以提高座果率。

冬季和早春温度较低，应少浇水，勤划锄，以利保温，保持土壤相对含水量60%左右。天气转暖后，结荚量增多，需水量加大，应增加浇水次数和加大浇水量，一般每4～6 d浇一水，保持土壤相对含水量70%～80%。

苗期生长量小一般不需追肥，开花后可追施过磷酸钙20～25 kg/667 m^2，硫酸钾15～20 kg/667 m^2。结荚期应加大施肥量，当嫩荚坐住后，结合浇水每667 m^2 冲施尿素15～20 kg，以后每采收1次追施复合肥30～50 kg。

日光温室栽培的蔓性品种，宜采用吊蔓的方式，从伸蔓期开始及时吊蔓以支持植株和改善通风透光性能。

2. 春早熟栽培技术　春早熟栽培的育苗和定植技术与日光温室栽培基本相同，在田间管理过程中，温度偏低是主要矛盾，要通过覆盖物的揭盖和通风调节棚内温度。定植后，为了促使缓苗，恢复根系生长，要保持较高的畦温，苫子晚揭早盖，晴天中午温度不超过30 ℃，夜间不低于

15 ℃。缓苗后可增加通风量，棚温白天保持 20～25 ℃，草苫子可逐渐早揭晚盖。4 月以后气温升高，植株进入现蕾开花期，要加强棚内通风，逐步进行锻炼，晴暖的白天可揭开薄膜，最初几天可能会出现萎蔫，可以“回苫”的方法遮荫，经过几天的锻炼，植株即可适应。夜间若有寒流出现，还要注意覆盖。立夏以后可撤除覆盖物。

菜豆早熟栽培，前期要勤中耕，使土壤疏松以利提高地温和保墒，促进根系生长。从定植到伸蔓要连续中耕 3～4 次。伸蔓前一般不浇水，伸蔓时浇 1 水，浇水后及时中耕松土。现蕾前追施尿素 10～15 kg/667 m^2，结合施肥浇 1 次水。开花期不浇水，坐荚后，每次采收产品结合追肥浇水 1 次，每次追肥量为复合肥 20～30 kg/667 m^2。

3. 夏秋季栽培　前茬拉秧后及早清理田园，翻地晒土数日，每 667 m^2 施有机肥 3 000～5 000 kg，复合肥 20 kg 作基肥。整地后做成平畦，多雨季节做高畦或垄以利于排水。

选用耐热、抗病、适应性强的中日型或短日型丰产品种，如蔓生的秋抗 6 号、秋抗 19 号、冀芸 2 号和白架豆等，矮生型的优胜者等。秋菜豆宜在当地霜前 90～100 d 播种，北方多数地区从 6 月下旬到 7 月中旬播种。同一地区矮生菜豆可晚播 10～15 d。播种时先开沟浇足水，为防止高温烈日下发芽时缺水。可在播种行或穴上盖炉灰或湿麦秸等保湿。播种时如遇连阴雨天，可先开沟播种，天晴后再覆土。前期气温高，蒸发快，应适时浇水，保湿降温；雨后浅松土，避免根系缺氧造成沤根。多雨时苗期施适量速效氮肥，促苗迅速生长，短期内建成良好的营养体，尽早开花结荚。抽蔓后支架，坐荚后加大追肥量，每隔 15～20 d 施复合肥 15～20 kg。此后气温渐降，日照缩短，蒸腾量减小，可减少浇水。

4. 落花落荚及其防止措施　菜豆的花蕾数很多，但落花落荚较严重，坐荚率只有 30%～40%。造成落花落荚的原因很多，但主要的有两个方面：一是营养因素，二是环境因素。

菜豆花芽分化和发育的适宜温度为 20～25 ℃，15 ℃以下和 30 ℃以上花芽发育不良，可导致落花落荚。开花时土壤干旱或空气干燥，花粉早衰，柱头干燥，或因土壤和空气湿度过大，花粉不能散发，都会使授粉受精不良而致花、荚脱落。

防止菜豆落花落荚需要采取综合技术措施。一是将菜豆的生育期安排在温度适宜的月份，尽量避免或减轻高温或低温的影响；二是增施充分腐熟的有机肥和氮、磷、钾复合肥作为基肥，结荚期适期追肥和浇水，提高植株营养水平；三是苗期和开花期以中耕保墒为主，适当控制浇水；四是合理密植；五是适时采收，以减缓花与荚的营养竞争；六是开花期喷洒 5～25 μg/g 的萘乙酸或防落素促进坐荚。

二、豇豆

（一）概况

豇豆（*Vigna sesquipedalis* Wight）又名豆角、长豆角、带豆等。原产非洲，很早传入中国，各地普遍栽培。

豇豆喜温耐热。种子发芽的最适温 25～30 ℃，植株生长适温 20～30 ℃，开花结荚适温25～28 ℃，35 ℃时植株生长尚正常，但常因授粉受精不良而落花落荚，40 ℃以上生育受阻，10 ℃以下易出现低温冷害。豇豆喜光，苗期和开花结荚期均需充足的光照。矮生种比蔓生种耐荫，可与其他高秆作物间作套种。豇豆为短日植株，但多表现为中日型，少数品种对短日照要求较严。豇

豆根系深，较耐干旱，开花期前后需要较高的土壤湿度和稍大的空气相对湿度。豇豆对土壤条件要求不严，在较瘠薄的土壤上也能生长。宜选土层深厚、肥沃、排水良好和接近中性的砂壤土。豇豆对磷、钾肥反应良好，增施磷、钾肥能促进开花结荚。初花期需氮肥较多，若氮肥过多而磷、钾肥不足，则茎叶易徒长，结荚率下降。

豇豆依茎的生长习性可分为蔓生、矮生和半蔓生3种类型。蔓生种主要优良品种有之豇28－2、红嘴燕、青丰豇豆、宁豇1号、东北十八子、上海33－47等；矮生种主要品种有一丈青、早矮青、美国无架豇豆、皖青512、紫花青等；半蔓生种主要品种有黄花青、新乡地豇豆等。按豆荚的颜色又可分为绿荚型，如之豇28－2、青丰、铁线青等；白荚型，如红嘴燕、罗裙带等；红荚型，栽培较少，如紫荚、紫豇豆等。

(二) 栽培技术

1. 日光温室豇豆栽培

(1) 品种选择　选用荚果细长，肉厚脆嫩，结荚率高，结荚期长的优质高产无限生长型品种。如之豇28－2、东北十八子、青丰豇豆等。

(2) 整地施基肥　日光温室前茬拉秧后，将室内的残枝枯叶清扫干净，每667 m^2 撒施腐熟的有机肥3～5 m^3，三元复合肥50～100 kg，然后深翻细耙，整平地面并进行土壤消毒后播种。

(3) 直播或育苗　日光温室越冬茬10月上中旬播种，12月上旬至翌年3月中旬收获；无论是直播还是育苗移栽，播种前要进行浸种和催芽。浸种、催芽的方法与菜豆基本相同。唯催芽温度略高。当豇豆芽长1 cm左右时播种。播种前按南北方向做畦，畦宽1.2 m。在畦内按60 cm行距开沟，沟深1.5～2 cm，顺沟浇足底水，按25 cm的穴距点播，每穴播种2粒。最后覆土1.5～2 cm。若育苗移栽，第二个复叶初现时为移栽的适宜时期。先在畦内按60 cm的行距开沟，沟深10～15 cm，顺沟浇足底水后按25 cm距离放苗坨，每穴双株。栽植后，把畦面整平。

(4) 田间管理　日光温室豇豆越冬茬、冬春茬、早春茬的幼苗期都处在低温或寒冷季节，往往因室内温度低而影响幼苗生长和分化花芽。因此，幼苗期的管理，首要的是增温保温。直播豇豆出苗后或育苗定植后，要适当早揭晚盖草苫，增加光照时间，白天保持气温25～30 ℃，中午高于30 ℃时开始通风；气温降到22 ℃时关闭通风口，使夜间气温维持在18～20 ℃。抽蔓期为防止徒长，促进开花结荚，要逐渐降低室内温度，白天保持20～25 ℃，夜间15～18 ℃。开花结荚期应再将温度提高至白天25～32 ℃，夜间18～20 ℃。

3个复叶之前，一般不需浇水和追肥。4～5个复叶时结合浇水，每667 m^2 冲施磷酸二铵15～20 kg，第一、二花序坐荚后，追施开花结荚肥，并及时浇水。植株下部花序开花结荚期间，半月浇1次水，并随水冲施磷酸二铵10～15 kg/667 m^2；中上部花序开花结荚期间10 d左右浇1次水，每次随水冲施三元复合肥15 kg/667 m^2 和腐熟的人粪尿100 kg/667 m^2。

当主蔓伸长至30 cm左右时要吊绳引蔓。主蔓长到120～150 cm时打顶，促其侧枝发生。

2. 春露地栽培　春豇豆栽培对品种要求不严，早、中、晚熟品种均可采用。既可选用之豇28－2、张塘豆角等架豇豆，也可选用一丈青、挑杆豆角、美国地豆角等地豇豆等矮生品种。

选好土地，结合深耕施足基肥。一般每667 m^2 施腐熟的堆肥或土杂肥5 000 kg，过磷酸钙40 kg，硫酸钾10～15 kg。耙平后做成宽1.0～1.2m的平畦，架豇豆按行距60 cm，穴距20～25 cm；地豇豆行距50 cm，穴距25 cm干籽直播。每穴播种子4～5粒，最后覆土并轻轻镇压。

苗出齐后，在第二片复叶出现前进行查苗补苗。伸蔓后及时插“人”字架，架高2 m左右，主

蔓长 30 cm 左右时引蔓上架。豇豆生长期间一般追肥3～4次。插架前在行间开浅沟，每667 m^2 施尿素 10～15 kg，结荚期每隔 15 d 左右追 1 次速效肥，以氮、钾为主，每次每 667 m^2 施硫酸铵 15～20 kg 或尿素 10 kg、硫酸钾 5 kg。土壤底墒充足时，苗期不浇水，加强中耕保墒，以提高地温，促进发根。植株现蕾时若遇干旱，可浇 1 次小水，但初花期不浇水，以防茎叶旺长导致落花落荚。当第一花序坐荚后、主蔓长达 1 m 左右时开始浇水，并逐渐增加浇水次数和浇水量，保持土壤见干见湿。7 月以后，雨量增加，应及时搞好田间排水，防止早衰。

3. 夏豇豆栽培　夏豇豆生长期高温多雨，宜选择地势高燥、通风凉爽、排灌方便的地块。应用适量的优质基肥，集中条施。夏豇豆须采用高畦或小高垄栽培，以利排水。

播种前整地造墒，然后开浅沟点播。播种密度比春豇豆小，一般行距 60 cm，穴距 30 cm，每穴播 3 粒种子，覆土厚度 1～1.5 cm。

夏季风雨多，宜采用比较坚固的四角架，并及时引蔓上架，中耕除草 5～6 次，以保持全生育期无杂草为害。夏豇豆生长前期注意施肥，并适当增加氮肥用量，以利于及早长成强大植株，提高抗逆力和增加产量。一般在定植和插架后，每 667 m^2 各施尿素 10 kg，开花结荚时每 667 m^2 再施尿素 15 kg，由于夏季多雨，肥料易流失，因此结荚期采用每次少施，多次施肥的追肥方法，以利于提高肥效和防止脱肥。但生长期不宜用有机肥追肥，以免引起病害。第一次采收高峰过后，常有发育减退、停止开花的歇伏现象，应及早追肥，促使形成第二次结荚高峰。

夏豇豆的灌水视天气降雨情况而定。雨季来临前要做好排水渠道，确保雨天田间不积水。

豇豆开花后第 14～15 d，豆荚最长，鲜重最大，荚果柔软饱满、子粒未充分显露，此时为采收适期，应及时进行，以防荚果变老和植株早衰。采收初期 3～5 d 采收 1 次，盛期 2～3 d 采收 1 次。豇豆的每一个花序上有 2 对以上花芽，但通常只结 1 对荚，在植株生长良好、营养水平高时，可使大部分花芽发育成花朵并开花结荚。所以，采收豆荚时，不要损伤花序上其他的花蕾，更不可连花序柄一起摘下，保护好花序，可继续增加开花结荚。

第八节　薯芋类

薯芋类蔬菜包括马铃薯、芋、山药、豆薯、菊芋、草石蚕、葛等，是以块茎、块根、根茎、球茎为产品的一类蔬菜。薯芋类蔬菜除豆薯外，其他均利用营养器官进行无性繁殖。

一、马铃薯

(一) 概况

马铃薯（*Solanum tuberosum* L.）又名土豆，地蛋等，茄科茄属一年生草本植物，原产于秘鲁和玻利维亚的安第斯山区，哥伦布发现美洲大陆后陆续传播到世界各地，17 世纪传入我国。

马铃薯按块茎成熟期分为早熟、中熟和晚熟三种。早熟种出苗后 50～70 d 成熟；中熟种 80～90 d；晚熟种 100 d 以上。按块茎休眠的强度和长短分为无休眠期、休眠期短（30 d 左右）、休眠期中等（60 d 左右）、休眠期长的（90 d 以上）。目前适合二季作地区的品种有鲁引 1 号、东农 303、克新 4 号、晋薯 2 号、5 号、8 号、荷兰 7 号、15 号、17 号等。

马铃薯喜冷凉气候，10 cm 地温达 7～8 ℃时，幼芽即可萌发，植株生长适温 16～22 ℃，块茎生长最适温 15～18 ℃。第一段生长要求黑暗，光照能抑制芽的伸长，但在第二段与第三段生长期需较强光照，有利于同化器官的建成和产量形成。日照长短显著影响块茎的形成与生长，短日照对块茎的形成有促进作用。因此，马铃薯幼苗期要求短日、强光和适当高温；发棵期长日、强光和适当高温，有利于建立强大的同化系统；结薯期短日、强光与较大的昼夜温差，有利于同化物向块茎运转。马铃薯发芽期要求土壤相对含水质量质数不低于 50%，幼苗期适宜的土壤相对含水质量分数为 50%～60%，发棵前期为 70%～80%，结薯期最适宜的土壤相对含水质量分数为 80%～85%，接近收获时降到 50%～60%，以促进块茎周皮老化而利于收获。

(二) 栽培技术

1. 春马铃薯

(1) 整地施基肥　马铃薯播种前需将土壤耙细整平，施入优质有机肥 3 000～5 000 kg/667 m^2，开沟后再沟施尿素 5～10 kg，复合肥 10～15 kg，草木灰 25～50 kg/667 m^2。

(2)

薯，置于黑暗中 20 ℃条件下催芽，经 10～15 d，芽长 1 cm 左右时放在散射光下，保持 15 ℃让芽绿化粗壮，约 20 d 后即可切块播种，切块时应从薯顶至薯尾切成立体三角形，薯块以 25～30 g 为宜，每块至少有一个完整的芽眼。② 育苗。于断霜前将种薯单芽切块，然后密挤排列在冷床上，播后覆土 3～4 cm，土温保持 15～20 ℃，待苗高 20 cm 时栽植。栽植前低温锻炼 3～5 d。

(3) 播种（或栽植）春季播种应以当地断霜之日向前推 35～40 d 作为适宜播种期，二季作区一般在 3 月 5—10 日播种，在此范围内宁早勿晚。播种时，首先按 60 cm 行距开深 10 cm 的小沟，然后将催好芽的种薯按 20 cm 的株距排于沟中再覆土起大垄，垄高 20 cm。为提早出苗，需采用东西向并进行地膜覆盖，播种完毕后，一次性浇透水。

切块栽植的栽植密度，每 667 m^2 5 000～6 000 块，整薯栽植时应视萌芽成苗数多少决定，要求每 667 m^2 栽 7 000～8 000 苗。秧苗栽植采用开沟贴苗法，盖土至初生叶处，然后浇透水 1～2 次，秧苗栽植密度为每 667 m^2 栽 7 000～8 000 苗。

(4) 管理　出苗后及早施提苗肥，可施尿素 15～20 kg，紧随后浇水与中耕，以促进发根和发棵。团棵到开花，浇水与中耕应紧密结合，结合中耕逐渐培土，直到植株拔高即将封垄时才进行大培土。培土时应注意不埋没主茎的功能叶。发棵期的追肥应慎重，需要补肥时可放在发棵早期或等到结薯初期，以免植株徒长。植株封垄后，用 100 $\mu g \cdot g^{-1}$ 的 PP_{333} 进行叶面喷施，可起到抑制植株徒长，促进光合产物向块茎运转的作用。结薯期是块茎产量形成的重要时期，土壤应始终维持湿润状态，每隔 15～20 d 施复合肥 30～50 kg，收获前 7～10 d 停止施肥浇水。6 月上旬，叶片逐渐枯萎，选晴天收获。一般产量 2 000～2 500 kg/667 m^2。

2. 秋薯栽培　二季作区秋季多在 8 月上旬播种，10 月下旬至 11 月上旬收获。产量 1 000～1 500 kg/667 m^2。目前，二季作地区的秋薯栽培，种薯多来自当年的春薯，栽培过程中，技术要求严格而且繁杂，切块栽培极易烂块死苗，造成减产。因此，要注意以下技术要点：① 春薯早收，种薯通气贮藏。② 严格选种，淘汰退化种薯。③ 做好催芽保苗工作。④ 加强田间管理。下面着重叙述催芽保苗技术。

马铃薯二季作区，秋季播种时种薯尚处于休眠状态。因此栽植前必须设法打破休眠，才能保证按期出苗。① 切块处理法。仔细挑选种薯，于阴凉通风处切块，边切边浸种、边晾干，以免切口发粘引起烂种。赤霉素浸种浓度以 0.2～1.0 μg·g 为宜，浸种时间 5 min。切块晾干后，置于土床上分层催芽。床应设在通风阴凉避雨处，床宽 1 m，床土以砂壤土、壤土为宜。在催芽床上每铺一层切块，盖一层湿润细土，如此排放 3～5 层，最上层和床四周盖土 5～6 cm，以防床土干燥。切块上床后经 6～8 d，芽长达 3～4 cm 时，扒出切块，堆放在原地经散射光照射 1～3 d 使幼芽绿化变壮。② 整薯赤霉素处理法。利用整薯播种是当前控制细菌病害所导致的烂块死苗最有效的措施。整薯有完整的周皮，不容易吸收赤霉素，因此处理的药液浓度要大，时间应长，一般浸种浓度为 5～10 μg·g，时间为 10～15 min。

秋薯安全播种和保证苗齐的要点是保证土壤具备发芽生根必需的凉爽、湿润、透气条件。具体做法是：开浅沟播种，培厚土做大垄，以利保墒、降温、透气。播种后连续浇水直至出苗；雨后要立即划锄松土，以利透气。

3. 保护地栽培　利用大棚加小拱棚和地膜覆盖，夜间覆盖草苫进行保护栽培，可在 1 月上旬播种，4 月中下旬收获；用小拱棚加地膜覆盖栽培，则可于 2 月中旬播种，5 月中旬收获。保护栽培产量均可达到 1 500～2 000 kg/667 m²，可大大提高经济效益。栽培时，起高垄，每垄两行，株行距 50 cm×20 cm。

4. 马铃薯退化及防止措施

⑴ 退化原因　马铃薯用无性繁殖，在连续生产过程中，植株长势逐年衰弱、矮化，分枝变少，茎叶出现皱缩、花叶，产量逐年下降的现象，称为种薯退化。关于马铃薯退化的原因，有 3 种学说。一是年龄衰老学说，认为马铃薯长期无性繁殖，生理年龄逐渐增加，最后衰老，导致种性退化；二是生态学说。认为马铃薯的退化是由于块茎上的芽在生长或贮藏过程中受到了高温的影响，破坏了马铃薯的正常生理过程，从而导致种性退化。三是病毒学说，即马铃薯的退化是受了病毒的侵染，病毒通过块茎逐代传递，毒量增加，最终导致种性退化。

⑵ 防止措施　茎尖脱毒法培养马铃薯脱毒苗，诱导微型薯；或在温室、大棚内消毒基质上形成脱毒小薯。用微型薯或脱毒小薯作为种薯播种材料，以恢复马铃薯种性。再结合利用冬季、早春阳畦或网室或东北高寒地区扩繁种薯，使种薯避开高温与蚜虫的影响，在低温冷凉的季节形成，确保种薯不被感毒，以达到防止退化的目的。

二、生姜

㈠ 概况

生姜（*Zingiber officinale* Roscoe.）属姜科姜属多年生草本植物，在我国多作为一年生作物栽培。生姜原产中国及印度等热带地区，现主要分布在亚洲和非洲，以中国、日本、印度、马来西亚等国栽培面积较大。

生姜喜温而不耐寒，姜幼芽萌发的适宜温度 22～25 ℃，茎叶生长以 20～30 ℃为宜，根茎膨大盛期适温为 25 ℃，且要求一定的昼夜温差，白天 25 ℃，夜间 17～18 ℃有利于养分积累。生姜光补偿点为 990～1 650 lx，光饱和点为 34 000～45 000 lx。生姜不同时期对光照度的要求不同，发芽期要求黑暗，幼苗期要求中等强度光照，旺盛生长期要求较强的光照 。生姜对日照长短要

求不严格，无论长日、短日或自然光条件下均可形成根茎。在根茎膨大期，应使始终保持湿润，田间持水量维持在70%～80%。生姜对土壤质地要求不严格，无论沙土、壤土或黏土均能正常生长，但不同土质对产量和品质有较大影响。pH为5～7范围内生长良好。每生产1 000 kg鲜姜约吸收氮6.34 kg，磷0.57 kg，钾9.27 kg，钙1.3 kg，镁1.36 kg，硼3.75 g，锌9.88 g。

生姜以根茎繁殖，目前多以栽培地方品种为主，品种有山东的莱芜大姜、莱芜片姜；安徽铜陵白姜；广东疏轮大肉姜、密轮细肉姜；浙江红爪姜、黄爪姜；湖北枣阳生姜、来凤姜；贵州大白姜；广西圆肉姜；福建红芽姜；湖南黄心姜；四川竹根姜；云南黄姜及台湾肉姜等。

（二）栽培技术

1. 栽培季节　生姜喜温、不耐霜冻，因而要将其整个生长期安排在无霜的温暖季节。确定播种期应考虑以下条件：第一，终霜后地温稳定在15 ℃以上；第二，从出苗到初霜适于生姜生长的天数应达到135～150 d以上；第三，将根茎形成期安排在温度适宜，利于根茎膨大的月份里。华北地区露地栽培多在5月上旬播种，为了延长生长期以提高产量，可采用地膜覆盖或小拱棚、大拱棚等保护地栽培。用地膜覆盖提前15～30 d播种，产量可提高20%以上，用小拱棚加地膜覆盖栽培，提前20～30 d播种，产量可提高30%以上，用大棚加地膜覆盖，提前播种20～30 d，后期延迟收获15～20 d，产量可提高45%以上。

2. 培育壮芽　幼芽是幼苗生长的基础，只有健壮的幼芽才能长出苗壮的幼苗，也才能为植株旺盛生长和根茎形成打下良好基础，所以，播种以前对种姜进行必要处理，以培育壮芽。

(1) 晒姜和困姜　于播种前20～30 d，从贮藏窖中取出种姜，洗去泥土，平铺在草苫或干净地面上晾晒1～2 d，即晒姜。傍晚收进屋里，以防受冻。晒姜的作用是提高姜块的温度，减少姜块含水量，有利于选择健康无病的姜种。晒姜结束后，将种姜置于室内堆放2～3 d，姜堆上覆盖草苫，谓之困姜。困姜的作用是促进种姜内养分分解，以利于提早发芽。

(2) 选种　晒姜困姜过程中和催芽前需进行严格选种，应选择姜块肥大，色泽鲜亮、肉质新鲜、不腐烂、未受冻、质地硬、无病虫危害的健壮姜块做姜种，严格淘汰瘦弱干瘪、肉质变褐或发软的姜块。

(3) 催芽　生姜常用的催芽方法有：室内催芽池催芽法、室外催芽法及阳畦催芽法。无论哪一种方法，控制好催芽过程中的温度和湿度是培育壮芽的关键，应保证在20～25 ℃的温度和80%左右的相对湿度条件下催芽，才能使幼芽饱满粗壮，且发芽较快。壮芽的标准为长0.5～2 cm，粗0.5～1 cm，幼芽洁白鲜亮，芽身肥壮，顶部钝圆，芽基部仅见根的突起而不能发出新根。

3. 整地施基肥　选定姜田后，在耕翻土壤时每667 m^2施入优质土杂肥5 000 kg以上，整平耙细后起垄。垄距50～65 cm，沟深25～30 cm，再在沟内每667 m^2施入豆饼75～100 kg，或豆子50～75 kg，用二齿钩将肥料与土壤混匀，以防灌水时冲走。

4. 播种

(1) 播前准备　① 掰姜种。种姜催芽时姜块较大，应掰成每块姜种以50～75 g为宜。掰姜时要求每块姜种上只留1个壮芽，去除其余的芽以保证养分集中供应，达到及早出苗和苗全苗壮之目的。② 浸种。试验证明，乙烯利浸种有促进生姜植株分枝，增强长势，提高产量之功效。具体方法是：将掰好的姜块放在盛有250～500 μg/g的乙烯利溶液中浸泡15 min，捞出后随即播种。③ 浇底水。生姜发芽慢，出苗时间长，播种前必须浇足底水以保证幼芽顺利出土。

(2) 播种方法　底水渗下后即可按一定株距将掰好并浸过的姜种排放沟中。排放姜种有两

种方法，一是平播法：将姜块水平放入沟内，使幼芽方向保持一致，若东西沟向，使芽一致向南或东南；南北沟向则使芽朝西。放好姜种后用手轻轻按入泥中，使姜芽与沟面相平即可。二是竖播法：即无论什么沟向，芽一律向上，其余措施与平播法相同。种姜播下后应立即覆土，以防烈日晒伤幼芽。覆土厚度以4～5 cm为宜。

(3) 播种密度与播种量　合理密植是实现丰产的重要措施。试验证明，大姜行距55～65 cm，株距20 cm，每667 m^2 种植5 000～6 000株，片姜行距50～55 cm，株距17～18 cm，每667 m^2 种植7 000～8 000株最为适宜。高产田块用种量为400～500 kg/667 m^2，一般地块可略减。

5. 遮荫　生姜不耐强光和高温，而苗期正处于炎热的夏季，阳光强烈，气温、地温很高，若无遮荫措施，姜苗矮小，生长不良。因此苗期必须遮荫。北方传统的遮荫方式是用谷草或其他作物秸秆插成稀疏的花篱。通常在生姜播种后趁土壤湿润插于姜沟南侧（东西向沟）或西侧（南北沟向）。近年来，遮荫方式不断改进，现在已有许多遮荫材料推广应用，如遮阳网，打孔黑膜等，均取得良好效果。无论何种遮荫方式，均于播种后1周内进行，7月下旬至8月上旬去除。遮荫程度以3～4分阳，6～7分荫为宜，过重或过轻都会影响生姜生长和产量形成。

6. 中耕除草　生姜根系较浅，不宜深耕，出苗后可结合浇水中耕2～3次，以松土保墒、提高地温和清除杂草。生姜幼苗期长，生长速度较慢，又处高温多雨季节，易生杂草，所以，及时中耕除草是保证苗全苗壮的重要措施。近年来，化学除草剂广泛应用于生姜生产，常用除草剂主要有除草醚、除草通、拉索、氟乐灵、扑草净等。

7. 合理浇水　发芽期地温尚低，为使生姜顺利出苗，在播种前浇足底水的情况下，一般出苗前不浇水，等到70%幼苗出土时再浇水。幼苗期根系不发达，吸水能力弱，对水分要求比较严格，加上叶面积小，地面裸露，蒸发量大。因此，应适当增加浇水次数，保持土壤相对湿度65%～70%。暴雨之后应注意排水防涝。幼苗期还应供水均匀，不可忽干忽湿。旺盛生长期植株生长量大，需水量多，应加大浇水量。一般每4～6 d浇一水，经常保持土壤相对湿度75%～80%。收获前2～3 d浇最后一水，以保证生姜收获后根茎上带些泥土，便于贮藏。

8. 追肥与培土　生姜发芽期生长量极小，从土壤中吸收的养分很少，一般不需追肥。幼苗期植株生长量也较小，但由于此期较长，应在苗高30 cm左右时追施提苗肥，每667 m^2 施硫酸铵或磷酸二铵20 kg。旺盛生长期生长量大，应在除去遮荫材料的同时，每667 m^2 施饼肥75 kg，或豆子50 kg，再加氮、磷、钾复合肥30～50 kg。追肥时将肥料施入沟内，而后覆土封沟培垄，使原来姜株生长的沟变为垄，而垄变为沟，最后浇透水。1月后，植株地上部生长基本稳定，生长中心已转移至根茎，为保证根茎膨大过程中养分充分供应，可在此期进行第三次追肥，每667 m^2 施硫酸铵10～15 kg，硫酸钾15～20 kg或复合肥25 kg。生姜根茎生长要求黑暗湿润的环境条件，因此需随根茎的膨大和姜球的增多逐渐培土。第一次于除去遮荫材料和追肥后进行，把原来垄上的土培到植株基部，变沟为垄，以后结合浇水进行第二次、第三次培土。

9. 收获与贮藏　生姜不耐霜冻，因此初霜到来之前（北方10月中下旬）应及时收获。后期用中棚或大棚覆盖可延后至11月10日左右收获。先整株刨出，然后自茎基部将茎秆折下或用刀削除，并清除须根和肉质根，随即入窖贮藏，勿需晾晒。

生姜贮藏多采用井窖。生姜入窖前，彻底清扫姜洞及窖底并用百菌清、多菌灵等杀菌剂及敌敌畏等杀虫剂对井窖进行杀菌及杀虫处理，而后在洞底铺厚约5～6 cm的湿沙，随即将带着泥土

的姜块放入洞内。贮藏适温10～15 ℃,空气相对湿度95%～100%。贮藏期可达1年以上。

第九节　芽菜类

一、概况

芽菜是利用作物的种子、根茎、枝条等繁殖材料,在黑暗或弱光下长成的细嫩芽苗。主要包括豆芽(豌豆、黄豆、绿豆、黑豆等)、萝卜芽、芥菜芽、香椿芽、苜蓿、芜菁、茼蒿、紫苏、芝麻、姜芽等,特别是豆芽、萝卜芽、香椿芽、苜蓿、姜芽等栽培较普遍。

根据芽菜对温度的要求可分为两大类:一类是喜温的,种子发芽适温为25～30 ℃,如多数豆类等;另一类是喜凉的,种子发芽适温为18～25 ℃,如萝卜、香椿、豌豆、蚕豆等。

氧气是种子发芽和芽菜生长所必需的条件之一。因此应保证空气流通,以防烂种或沤根。

芽菜生长对光照要求不严格。种子发芽期有无光照均可。出芽以后,微光或弱光照有利于胚根快速伸长和提高品质。强光会使胚轴伸长缓慢,产品纤维增加,品质变劣。

二、栽培技术

(一) 香椿芽

培育香椿芽的适宜温度为15～25 ℃,当平均气温在15 ℃以上时可在露地生产,冬季、早春及晚秋可在温室及大棚内生产。多利用栽培架进行立体栽培。架材可用角铁或钢筋,也可用竹木结构,上下共3～5层,每层距离30～40 cm,架高不超过1.6m。育苗盘以轻质塑料制品为好。常用的规格为长60 cm,宽25 cm,高5 cm。基质常用珍珠岩等。

选当年采收的新种子,清除杂质,用30 ℃左右的温水浸种12 h,然后置20～25 ℃条件下催芽,每天用浅水淘洗1～2遍,约经2～3 d种子露白时即可播种。

播种前先将育苗盘洗刷干净,再铺1～2层洁净的白纸,上面平摊2～3 cm厚的珍珠岩,将催好芽的种子均匀地撒播在基质上,播后覆盖1.5 cm厚的珍珠岩并立即喷水。一般播种后5 d左右,种芽可伸出基质。当幼苗下胚轴长达8～10 cm时定时喷水,保持空气相对湿度80%左右。12～15 d后即可采收。采收标准是:芽下胚轴长10 cm以上,未木质化,子叶完全展平。通常每育苗盘播30 g种子,可收香椿芽250 g。

(二) 豌豆苗

先建造疏松的沙土床,施少量化肥,整平床面,浇足底水即可播种。播种前用55 ℃温水烫种,搅拌冷却至30 ℃后再浸4～5 h,而后播种,每平方厘米播1～2粒,播后覆1～2 cm湿砂。播种8～9 d后,幼苗开始露土,再覆盖一次细砂土,以后让地上部见光转绿,待苗高达8～9 cm时采收。

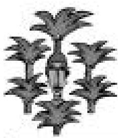
冬春季豌豆苗的生产可于温室或大棚内进行。可采用立体栽培,栽培架的结构和盘的规格与同培育香椿芽。播种前先在育苗盘底铺1～2层白纸,湿润,然后把催好芽的豌豆种子均匀撒

在床纸上，无须覆盖。播种量为1.5 kg/m²。

白天保持20～25 ℃，夜间15～18 ℃。播种后及出苗前经常喷水，保持纸床湿润，以纸床上持有少量存水为宜。为保证豌豆苗品质鲜嫩，应注意遮光。12～15 d即可采收，用剪刀在靠近豆粒的茎部剪下，捆把或装袋出售。

(三) 萝卜芽

萝卜芽又称娃娃芽。多采用立体栽培方式，其设施要求可参考香椿芽部分。播种前用温水浸种1 h，在育苗盘内铺放白纸，然后将浸泡的种子均匀撒在白纸上。每盘播种100 g左右。播后将育苗盘摆放在培养架上，保持温度20～25 ℃，经常喷水，保持相对湿度80%左右。7～10 d后，下胚轴长达5～6 cm时即可采收。采收时连根拔起，捆扎包装上市。通常1 kg萝卜籽可培育出7～12 kg芽菜。



思考题

1. 简述番茄、黄瓜的基本特性和设施越冬栽培技术要点。
2. 简述大白菜、甘蓝的主要类型和主要栽培茬次及相应技术要点。
3. 简述葱蒜类蔬菜的主要特性及栽培技术要点。
4. 简述绿叶菜类的特性及栽培技术要点。
5. 简述薯芋类蔬菜的特性与栽培技术要点。
6. 简述芽苗菜的培养技术要点。
7. 简述豆类蔬菜的特性及其培养技术要点。



果 树 生 产

果树生产是我国农业生产的重要组成部分。果品是人类生活的必需品,它不仅风味适口、色泽悦目、人人喜爱,更有较高的营养价值。据测定,各类果品中多含有人体容易吸收的葡萄糖和果糖,如苹果含 10%～20%,桃含 13%～15%,柑橘含 9%～15%,荔枝含 21%,无花果和枣含 70%以上。许多果品尤其是一些干果富含蛋白质和脂肪,其营养价值几乎和肉类相等,核桃含有 17%的蛋白质和 67%～70%的脂肪,杏仁含蛋白质 15%～25%,枣、板栗、葡萄干、香蕉等在其主产区既是果品,又可部分代粮食,在辅助食品方面有一定地位。尤其重要的是,果品还含有人体生长发育所必需的矿物质和维生素。果品是人们的重要食物之一,不可缺少。一般果品除鲜食外,还可制成多种加工品,如果干、果汁、果胶、果脯、果膏、果酱、果冻、罐头及果酒等。它能促进食品工业的发展,并且通过加工增值,大大提高了果品的效益,还为许多化学工业和医药工业提供原料,促进了相关工业的发展。我国发展果树一贯的方针是"上山下滩,不与粮棉争地",充分合理地利用"三荒"。这样既能提高土地利用率,恢复和改善生态条件,又为广大果农群众开创了致富途径。全国水果总产值逐年提高,在种植业中,仅次于粮食、蔬菜,居第三位,果树生产已成为主产区农业经济发展的支柱产业。因此搞好果树生产对发展经济、保障供给、改善生活、保健身体、增加财富、活跃市场、出口创汇、绿化荒山、调节气候等方面,都具有十分重要的意义。

我国已有 3 000 多年悠久的果树栽培历史,公元前 10 世纪前后《诗经》上就载有桃、李梅、梨、枣、栗、榛等十余种果树。2 000 年多前的汉武帝时代就进行了由国外引种果树的工作,即由中亚将葡萄、石榴、核桃等引入我国,1 000 多年前还从伊朗、地中海沿岸和小亚细亚等地引入无花果、扁桃和阿月浑子等。我国土地辽阔,地形复杂,果树资源非常丰富,温带、亚热带、热带果树都有,据统计约有 300 个树种 (分属 51 科),栽培较多的有 30 余种,果树品种更是数以万计,还有许多地方名特优稀品种。我国是世界八大果树原产中心之一,原产于我国的果树种类约为世界栽培果树的 1/4 还强,对世界果树生产及科学研究的发展起着重大的作用。

2000 年我国果品总产量为 62 250 kt,占世界总产量的 14%以上,水果总产量和苹果、梨的产量自 1993 年已跃居世界之冠,桃 (包括油桃) 栽培面积最大,总产量最高,柑橘仅次于巴西和美国,列

世界第三位。此外,核桃、板栗产量居世界第二,香蕉、芒果居世界第四,菠萝居世界第六。全国人均水果占有量由1978年的6.8 kg上升到2000年的48.8 kg,和世界人均占有量67.4 kg相比,差距迅速缩小,其中山东省果品总产量为9 670 kt,人均占有量110 kg,远远超过世界平均水平。

尽管近些年来我国果树生产呈现高速发展态势,总面积、总产量、年递增率已跃居世界之首,成为果品生产大国,但还存在着发展失控、布局失衡、结构失调,果品总体单产低、质量差、档次低,产后处理和处理设施落后、小生产与大市场的矛盾突出,果树生产的现代化和产业化水平不高等诸多问题,制约着我国果树生产的进一步发展和提高。

第一节　仁果类

一、概况

(一) 生产概况

仁果类果树是北方落叶果树的大家族,素有果品中的“粮食”之称。我国栽培的仁果类果树主要有苹果、梨、山楂等。其中,苹果、梨是世界性水果,栽培范围广、面积大、产量高,国际市场流通量居各种果品之首。

我国栽培苹果的历史较短,以山东烟台最早,约在1870年前后由美国引入,现在经济栽培的大多数品种引自欧、美、日、俄等国。据FAO的资料统计,我国的苹果栽培面积和产量均居世界首位。2000年,我国苹果面积230.29×10^4 hm^2,产量22 900 kt,占世界苹果总产量的38.2%,而第2位的美国只占8%;苹果产量占全国水果总产量的33%,远远高于其他树种。作为苹果的适栽区和第一大产区,山东省面积44.43×10^4 hm^2,产量6 480 kt,占国内总产的28%。不论是人均面积还是人均产量,我国已明显高于世界平均水平。梨原产于我国,因其适应性强,耐瘠薄抗盐碱,分布遍及全国。2000年,我国梨面积101.47×10^4 hm^2,产量8 412.41 kt,占世界梨总产量的48.90%,是美国的8.0倍,日本的16.9倍;面积最大的是河北省,有21.87×10^4 hm^2。山楂是我国特有的树种之一,原产于我国。山楂具有栽培简易、适应性强、结果早等特点,为极好的加工原料和药用产品。历史上,山东省是我国经济栽培山楂最早的省份,其他省份多为清代从山东引种的。

与国外先进国家相比,我国的仁果类果树生产在果品质量档次,加工、贮运等产后处理的数量比例、技术环节,参与国际交流的果品数额,产中管理的机械化现代化水平等诸多方面还有较大差距。

(二) 良种简介

1. 苹果的主要品种系谱

(1) 金帅族　金帅(Golden Delicious)又称金冠、黄香蕉。是世界上栽培最广泛的品种之一,是20世纪苹果的重大创建。我国青岛在二三十年代率先栽培此品种。金帅生长旺盛,适应性强,成花容易,早果丰产,连续成花能力好。果实个大味美,成熟时色泽金黄,时有红晕,含糖14.5%～21.0%,可滴定酸0.2%,甜酸清香,品质上等。但果实表面易生果锈,贮藏期间易失水

皱皮，幼树易“抽条”，抗旱能力不强。近年栽培面积有所下降，但作为优良的授粉品种和育种资源仍备受重视。

(2) 元帅族　元帅（Delicious）又称红元帅、红香蕉。果个大，且五棱、着红色、有香气，很快在世界上广泛栽培。1914 年从日本传入我国。

自从 1915 年在美国发现了浓红型的红冠（Red Richard）和 1921 年发现第一个短枝奥卡诺玛（Okanoma）芽变以后，衍生的芽变层出不穷，在元帅发现后的百余年以来，已成为世界性主栽苹果品种之一。

元帅繁衍的后代品种，主要是由于无性芽变、枝变、株变选育而成。按发现层次已排列到第五代。它的杂交育种成就不如芽变选种显赫，最灿烂的就是作为父本与国光杂交育成的富士，现已自成体系。因此，其系谱图（图 8－1）以无性系变异品种演化为主，主要说明各代演进层次，数字系指该代品种（系）数。

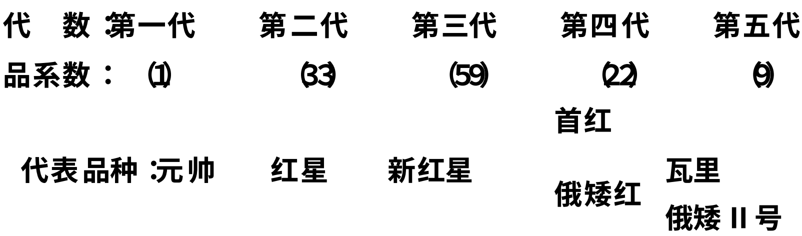


图 8－1　元帅族系谱图

(3) 国光族及其系谱构成　国光是一个古老的苹果品种，来源不祥，约在 19 世纪初期即开始栽培，已有 200 多年的历史，于 1905 年前后传入我国。它适应性强、坐果率高、丰产性好、晚熟耐贮、无采前落果、容易更新、寿命较长，曾一度为我国、日本、朝鲜等国家的主栽品种。但由于国光果个小，结果晚、易裂果、难着色、大小年现象严重等问题，近几年在我国栽培面积大为减少。国光作为丰产耐贮的品种，被广泛作为苹果育种的原始材料，其杂交后代中的富士已取代了国光，且前途广阔，现将国光族品种列表 8－1，不作详细介绍。

表 8－1　以国光为亲本杂交育成的品种

品　种	杂交组合	杂交年份	发表年份	育种地点
富士	国光×元帅	1939	1962	日本
福锦	国光×元帅	1939	1962	日本
红宝石	国光×元帅	1972	1986	山西
国帅	国光×元帅	1928	1959	辽宁
晋香	国光×元帅	1962	1980	山西
山红	国光×元帅	1962	1980	山西
燕山红	国光×元帅	1973	—	河北
向阳红	国光×元帅	1950	1969	北京
碣山红	国光×红星芽变	1192	1973	河北
红岩	国光×红星芽变	1192	1973	河北
惠	国光×红玉	1941	1950	日本
新光	国光×红玉	1931	1948	日本
胜光	国光×红玉	1931	1943	日本

续表

品　种	杂交组合	杂交年份	发表年份	育种地点
东北５号	国光×红玉	1939	1953	日本
东北６号	国光×红玉	1939	1953	日本
秦光	国光×新红玉	—	1979	陕西
金星	国光×金帅	1954	1972	日本
丰铃	国光×金帅	1931	1949	日本
南薄１号	国光×金帅	1943	—	韩中
豫脆香	国光×金帅	—	—	河南
国庆	国光×青香蕉	1950	1959	北京
红生	国光×青香蕉	1950	1959	北京
甘锦	国光×印度	1936	1948	日本
南薄２号	国光×印度	1942	—	韩国
福蒲	国光×君袖	1909	1926	日本
北津	国光×君袖	1909	1926	日本
岩木	国光×君袖	1909	1926	日本
梅泽	国光×金帅	1909	1926	日本
高原	国光×祝	1909	1926	日本
旭光	国光×旭	1931	1948	日本
秋绵	国光×混合粉	1952	1975	辽宁
千峰３	红星×国光	1964	1980	山西
福民	红玉×国光	1928	1949	日本

辛培刚,1999。

(4) 富士族　富士苹果是日本园艺试验场东北支场(即现日本果树试验场盛冈支场)培育的优良品种。我国于1966年开始引入富士试栽。富士族苹果以其个大、味美、肉硬、耐贮得到了广泛的声誉。近几年我国发展规模大,其栽培面积远远超过其他新品种。但也不应忽视富士苹果具有生长易旺,成花偏晚,果实发育期长,着色较难,“抽条”略重,易染轮纹病、水心病等实际问题,对技术和管理要求较高。因此,应因条件制宜,根据本地实际情况发展。

(5) 其他苹果品种　近年从国外引进一批特早熟和早熟苹果品种,已经开始推广应用,与原来国内栽培的早熟辽伏、祝光等相比,其果形较大,风味清爽、色泽红艳、成花容易、坐果率高,有较大的品质优势,可在大中城市近郊和交通方便地区适当栽培。这些品种包括贝拉(Vista Bella)、早捷(Geneva Early)、藤牧一号、萌(嘎富)、嘎拉、美国８号等。

(6) 芭蕾系列品种　自1986年以来,英国东茂林试验站陆续发表了５个柱形苹果品种,合称“芭蕾系列”(Balerina apple),其中特珍(Trajan又称Polka),塔斯坎(Tucan又名Bolro)为中熟生食品种;特拉蒙(Telamon又名Walts)是晚熟生食品种;夏乐特(Charolttle)为烹饪品种;玛宝(Maypole)为观赏小苹果,其花、叶、果均为胭脂红色,具有很高的观赏价值。

2. 梨的主要品种

(1) 绿宝石　我国新育成早熟梨品种。果实近圆形,中大,平均单果重268 g,最大446 g。果皮绿色,果点稀少;果肉白色,质细而脆嫩,多汁,味香甜,可溶性固形物14.6%～17.2%;果核极少,可食部分大,鲜食品质极佳。山东泰安７月中旬可食,８月初完全成熟,较耐贮运。

(2) 琥珀　我国新育成早熟梨品种。果实中大，平均单果重 280 g，最大 370 g。果实黄绿色；果肉细密质脆、极甜，可溶性固形物 18%，香味浓郁，鲜食品质为早熟品种之冠。山东泰安 7 月上中旬可食，8 月上中旬完全成熟，较耐贮运。

(3) 早红考密斯　山东农业大学引自美国红色西洋梨品种。果个大，平均单果重 350 g，最大 445 g。果面光洁浓红，果肉细腻多汁、味极香甜，鲜食品质极佳，为国际市场时髦果品。山东泰安 7 月下旬成熟，需要 10～15 d 后熟期。嫁接树栽后第三年开始结果，丰产稳产，盛果期公顷产 37.5 t 以上。树势健壮，成形快，适应性强，抗病力极强，抗盐碱。

(4) 开思凯得　山东农业大学引自美国红色西洋梨品种。果实大型，平均单果重 370 g，最大 425 g。果面光洁浓红，果肉细腻多汁、味极香甜，鲜食品质极佳，为国际市场时髦果品。山东泰安 9 月底成熟，耐贮运，需要 10～15 d 后熟期。嫁接树栽后第三年开始结果，丰产稳产，盛果期公顷产 36 t 以上。树势健壮，成形快，适应快，抗病力极强，抗盐碱。

(5) 水晶梨　引自日本。是新高梨的芽变，果实大，单果重 500 g。果皮淡青黄色，晶莹剔透，外观极美被誉为水晶。果肉细腻多汁、味甜、有香味，果核极小，可食率 96% 以上，鲜食品质极佳。山东泰安 10 月上旬成熟，嫁接树栽后第二年开始结果，腋花芽和短果枝结果为主，丰产稳产，盛果期公顷产 45 t 以上。

(6) 新高　引自日本。果实大，平均单果重 500 g 左右，属特大果。果实扁圆形，黄褐色，果肉致密、多汁、味甜、有香味，果核极少，可食率高，鲜食品质极佳，山东泰安 10 月中旬成熟，较耐贮运。

(7) 金二十世纪　引自日本，又称王子二十世纪，是经辐射育种选育的抗黑星病新品种。果实较大，平均单果重 300～350 g。果实圆形，黄绿色，果肉致密，多汁、叶甜、有香味，果核极小，可食率高，鲜食品质极佳。山东泰安 9 月中下旬成熟，较耐贮运。

3. 山楂的主要优良品种　我国山楂栽培历史较久，各地果农在生产实践中培育、选择出一些优良品种，自然资源中也存在一些优良品种。仅将生产中应用较广的品种列表简介如下（表 8－2）。

表 8－2　山楂优良品种简介

品种名称	主要产地	成熟期	果个数／kg	果实形状	果面色泽	果肉风味	品质
辽红	辽宁省辽阳市	10 月中旬	112～126	长圆形	红色	味酸稍甜	上等
西丰红	辽宁西丰	10 月上旬	—	扁圆形	红色	酸味浓郁	上等
大金星	山东临沂	10 月上旬	83±	扁球形	紫红色	酸味强	上等
敞口	山东青州	10 月上旬	83±	短椭圆形	深红色	味酸甜	上等
大货	山东泰安	10 月上旬	86±	方圆或扁圆	鲜红色	酸味轻	上等
燕瓤红	河北	10 月上旬	130±	近圆形	深红色	风味美	上等
豫北红	河南西部	10 月上旬	100±	近圆形	鲜红色	味酸稍甜	上等
粉山楂	山西晋城	10 月上旬	76±	近圆形	朱红色	味酸甜	中上
早熟山楂果	云南江川	8 月初	—	扁圆形	黄色	酸甜稍苦	中等
白瓤绵	山东莱西	10 月上中旬	100±	近圆形	深红色	酸味浓	中上
黑红	山东莱芜	10 月上旬	90±	扁圆形	深红色	味酸甜	上等
面楂	山西栖霞	10 月上旬	100±	扁圆形	阳面稍红	味酸微甜	上等

高东升，2002。

(三) 生物学习性

为了便于重点介绍，在此以苹果为例，对其主要习性及栽培要点作简要说明。梨与山楂习性从略，仅列习性差异表供参考。

1. 根系　苹果根系在土壤里的分布随砧木种类、土壤性质、地下水位和栽培技术而有所不同。根系的水平分布，一般为树冠直径的 2～3 倍，但主要须根分布于树冠外围稍远处。乔砧主要根系分布深度距地表 20～60 cm 土层内，矮砧根系集中分布于距地表 15～40 cm 的土层内。根系一年内有 3 次生长高峰。当春季土温达 3～4 ℃以上时开始生长，一般从 3 月上旬至 4 月中旬为第一次生长高峰。这次生长高峰发根较多，但时间较短。从新梢将近停止生长开始，到果实加速生长和花芽分化以前（6 月底）出现第二次生长高峰。这时由于叶片多，同化能力强，营养物质多，所以促进了根系迅速生长，并且生长时间长，是全年发根较多的时期。随着果实的迅速膨大，花芽大量分化，秋梢开始生长，地上部消耗养分增多，根的生长又转入低潮。自 9 月上旬至 11 日下旬，由于花芽分化已奠定基础，果实已采收，叶片制造的养分回流积累，根系得到的养分增加，出现第三次生长高峰。随着土壤温度下降，根的生长逐渐减弱，至 12 月下旬土温降至 0 ℃左右时，便停止生长，被迫进入休眠。

2. 芽及其分化

(1) 芽　依其性质可分为叶芽和花芽。叶芽内含有叶鞘的原始体，即叶芽中有雏梢，萌发后抽生新梢。花芽为混合芽，芽内含有梢、叶和花的原始体，花芽比叶芽圆、肥大饱满，芽鳞片包得紧。萌发后抽生新梢（果台），在新梢上开花结果。

(2) 花芽及其分化　从叶芽转化为花芽是从量变到质变的过程，这个过程叫花芽分化。花芽是在开花的头一年分化的。

苹果花芽分化过程可分为生理分化期、形态分化期和性细胞形成期。花芽形态分化分为七个时期、即叶芽期、分化初期、花蕾分化期、萼片分化期、花瓣分化期、雄蕊分化期和雌蕊分化期。

3. 枝及其特性　苹果的枝条，依其着生芽的性质，可分为生长枝和结果枝。

(1) 生长枝　根据枝条的长短，分为长、中、短和叶丛四种。

(2) 结果枝　根据结果枝的长短，分为长果枝、中果枝、短果枝和长腋花芽枝四种。

短果枝的长度小于 5 cm，中果枝 5～15 cm，长果枝 15 cm 以上。长腋花芽枝即生长健壮的长枝在秋梢上部的侧芽为花芽者，如甜黄魁、辽伏、秦冠等品种的幼树，长枝秋梢上腋花芽多，而且结果可靠，是幼树早结果的主要花源。

4. 开花与结实

(1) 开花　苹果花芽开放的过程可分为下列几个时期：萌芽期、开绽期、花序伸出期、花序分离期、始花期、盛花期、落花期。苹果一个花序上有 5～8 朵花，多数为 5 朵，中心花先开，坐果也最好。单花开放时间为 3～4 d，整个花序开放时间 5～6 d，一株树花期约 15 d 左右，开花后 3 d 柱头黄萎，因此在开花的当日和次日是授粉的最有效时间。

春天，当日平均温度达到 15 ℃以上时，苹果多数品种相继开花，17～18 ℃是开花最适温度。

(2) 结实　苹果大部分品种需要经过异花授粉才能结实。自花授粉结实率多在 0～15%之间，所以在栽植苹果时需要配置授粉树，以保证异花授粉结实。但有的品种，如秦冠等自花授粉结实率可达 60%～80%。

苹果为虫媒花，需靠昆虫传粉，开花期遇阴雨低温天气，由于妨碍昆虫活动，也会影响授粉和

结实。

为举一反三，将仁果类中的苹果、梨、山楂三树种的主要习性差异列表比较（表8－3），给栽培管理提供一定依据。

表8－3　苹果、梨、山楂主要习性差异

差异项目	苹　果	梨	山　楂
根系	依砧种有异，分根及须根多	直根多，分根及须根较少	根蘖根、须根多，种子根直根较多
萌芽力	较高，品种间差异大	高	高或较高
成枝力	较高，品种间差异大	低或较低	偏低
结果枝类型	长、中、短、腋花花枝皆有，中、短为主	短果枝及短果树群最多	壮中果枝为主
花序类型	伞形花序、中心花先开	伞房花序，边花无开	伞房花序，边花先开
序中花朵数	较少，5朵为主	较多，5～10余朵，品种有异	多，10至数10朵，品种有异
授粉结实类型	异花结实	异花结实	自花结实、有单性结实现象
结果新梢长短	短粗俗称“果台”、有长中短果台副梢	短粗俗称“果台”、果台副梢短，多年后形成短果枝群	较长，副梢无或极少
花期早晚	花期中，晚霜冻少	花期早、晚霜冻较苹果多	花期晚，一般无晚霜冻
果实大小（树种相比）	大或较大	极大或较大	小
成熟期（树种相比）	早、中、晚皆有，中晚多	中、中晚较多	晚或较晚
更新力	较差	强	较强
树体寿命	中等	长	较长或长
土壤适应性	喜肥沃沙壤土	适应较广，较抗盐碱	较广，对盐碱地较敏感
干旱	稍抗	较抗	较抗
水涝	不抗	抗	较抗
病虫危害	重	较重	较轻

高东升，2002。

二、栽培技术

（一）建园

一般来说，应选晚熟、丰产、质优、耐贮运的品种为主栽品种，在大城市郊区可适当发展一些早、中熟品种。主栽品种要占全园的75%～85%。

多数品种自花授粉结实率不高或很不稳定。所以必须配置授粉树。山楂例外。

栽植密度，乔化砧苹果树，在山地每667 m^2 一般为45～66株，株距（2.5～3）m×（4～5）m。平原地可适当加大株行距。矮化砧苹果树，一般每667 m^2 可栽50～100株。梨树与此相似，山楂适当密些。

栽植时期，一般在春季和秋季栽植。栽植方法，除一般栽植方法外，在寒冷及山地等自然条

件恶劣地区尚可采用“坐地苗”的栽植方法，即在栽植点先栽砧木或直接播种的办法，然后就地嫁接。

（二）土肥水管理

1. 土壤管理　土壤管理的目的是创造有利于果树根系生长的有利因素，使生长季有适当的水分供应，增加并保持土壤足够的有机质，适时供应所需要的营养物质，增加土壤的保水保肥能力。

（1）果园深翻熟化　深翻结合施肥，可改善土壤结构和理化性状，促使土壤团粒结构形成，由于土壤微生物活动加强，可加速土壤熟化，使难溶性营养物质转化为可溶性养分，提高了土壤肥力。深翻结合施肥后土壤的有机质、全氮、全磷、全钾量均较对照显著提高。果园深翻可加深土壤耕作层，给根系生长创造了良好条件，促使根系向纵深发展，根类改变、根量显著增加。一年四季均可深翻，但应根据果园具体情况与要求因地制宜的适时进行，并采用相适应的措施，才会收到良好效果。深翻深度以比果树根系集中分布层稍深为度，并考虑土壤结构和土质。如山地土层薄，下部为半风化的岩石，或滩地在浅层有砾石层或黏土夹层，或土质较粘重等，深翻的深度一般要求达到80～100 cm左右。如与上述情况相反，且为沙质土壤，土层深厚，则可适当浅些。深翻方式较多，一般有深翻扩穴、隔行深翻、全园深翻。上述几种深翻方式，应根据果园的具体情况灵活运用。一般幼树根量较少，一次深翻伤根不多，对树体影响不大。成年树根系已布满全园，以采用隔行深翻为宜。深翻要结合灌水，也要注意排水。山地果园应根据坡度及面积大小决定深翻方式，以便于操作，有利果树生长为原则。

（2）清耕制　清耕制是果园株行间休闲，并经常进行中耕除草，使土壤保持疏松和无杂草状态的一种传统的土壤管理制度，目前生产上仍广泛采用。清耕法一般在秋季深耕，春夏季多次中耕除草耕后休闲。

（3）生草制　生草制是果园地面上种植禾本科、豆科等草种的土壤管理制度。一般分为全园生草法和行内清耕或覆盖的行间带状生草法两种类型。果园草种主要为多年生豆科和禾本科植物。常见较好的草种有三叶草、毛叶苕子、紫云英、草木樨、地丁、鸡眼草、鸭茅草、羊胡子草、野燕麦、鹅冠草、黑麦草、扁茎黄芪、酢酱草、多变小冠花及国外引进的黑麦草、鸭茅草等。生草的方法有人工种草和自然生草两种方法。目前，采用生草制的果园多是人工种草。一般从春季到秋季，当地温升到15～20 ℃，土壤水分条件较好时（雨季或人工灌溉），均可进行播种。

（4）覆盖制　根据覆盖物的不同分为两种：即覆草法（秸秆、杂草覆盖）和覆膜法。

覆草以选择麦秸、稻草、野草、豆叶、树叶、糠壳为最好，也可用锯末、玉米秸、高粱秸、谷草和其他作物秸秆等。覆草时期一般一年四季均可进行，但以夏初、秋末为最好。覆草前应适量追施氮素化肥，随后浇水或趁降雨追肥后覆盖。一般将草均匀地撒到树冠下及行间，覆草厚度以15～20 cm为宜。草源不足时，可只盖行内或树盘，若全园覆草，第一年每667 m² 果园需草量3 000 kg左右，以后每年再覆600～800 kg。若仅覆盖树盘或树行，需草量为全园的1/4～1/5。为了防止大风吹散草或引起火灾，不论何时覆草，覆草后都要随即星星点点地压土。但切勿在草上全面压土，以免造成通气不畅。除平地果园，覆草后不要随意将草翻入地下，否则失去覆草的作用。覆盖的草经风吹、雨淋、日晒后，会逐渐腐烂分解，随雨水下渗入土。因此，要逐年在草上补充覆草。随着土壤有机质和养分的增加，应减少速效性氮肥的施用量，以免降低果实品质。

地膜覆盖具有增温保温，保墒提墒，通气增肥，反光增光的效果，对于维持果树的正常生长发

育,改善果实品质具有重要作用。生产中选用的地膜一般为宽0.8～1.0 m,厚度0.03～0.05 mm的聚氯乙烯地膜。也可选用除草膜和黑色地膜。覆盖时期一般选择在早春进行,最好是春季追肥、整地、浇水或降雨后,趁墒情覆膜。覆膜时,膜的四周和破损处用土压实,以防风吹和水分蒸发。

2. 施肥　多数果园建立在土质较差的山坡地或沙滩地上,有机质缺乏,因此必须增施有机肥。在无机肥中,氮肥是关键。实践证明,树势强旺的以“两停”为重点追施氮肥;树势弱的以“两前”(萌芽前和旺长前)为重点效果较好。对大小年树和初结果树,可按调节树势和花芽和原则灵活掌握。近年来施用复合肥料对增产有显著效果。施肥时期,基肥应在秋季施入,追肥可进行1～2次,前期(开花前后)以氮为主,后期(6月中名至采收前)以磷、钾为辅。施肥量可参考表8－4。

表8－4　苹果园施肥量参考表

树龄	产量/kg	基肥/kg	追肥/kg			备　注
			硫酸铵	过磷酸钙	草木灰	
1～5	—	100	0.5	—	—	基肥的施肥量均指有机肥而言
6～10	25～50	100～200	0.5～1	1～1.5	1～1.5	
11～15	50～100	200～300	1～1.5	2～3	2～2.5	
16～20	100～150	300～400	1.5～2	3～4	3～4	
21～30	150～200	400～600	2.5～3	4～5	4～5	
30年以上	250以上	600以上	3以上	5以上	5以上	

辛培刚,1999。

3. 根外追肥　这是指在根际之外,将肥分追施于果树其他器官上,主要是叶面上的施肥方法。

根外追肥的实施重点时期:

(1) 生长季前半期,以喷氮为主,浓度应偏低,如尿素为0.3%～0.4%;生长季后半期,以喷磷、钾为主,浓度可偏高,如喷用磷酸二氢钾为0.5%,此时喷尿素可达0.5%～0.7%。

(2) 多喷微肥(如光合微肥等),花期喷氮、硼(0.2%。0.3%),缺素常补充(如小叶病以萌芽前喷高浓度3%$ZnSO_4$为好)。

(3) 抓好“两前”(落叶前和萌芽前)重点喷用,浓度可高(落叶前尿素达1%,萌芽前喷干枝可达3%)、提高贮备,收效显著。

(4) 选无风上午10:00前或下午16:00后进行,减少蒸发以增加吸肥量。

常用根外追肥种类及浓度汇总供参考(表8－5)。在实际生产中应根据树种、品种及树体、营养状况不同,灵活地调整浓度和喷施时间。

4. 灌水　水是植物进行光合作用的重要原料,植物的蒸腾需要大量的水分。据测算,祝光苹果树制造1 g干物质,需要从叶片蒸腾水分415 g。苹果的需水临界期是在春末夏初新梢迅速生长、叶幕大量形成时。此时正是我国北方地区干旱季节。因此,在萌芽开花前和落花后结合追肥进行灌水是很必要的。在10月下旬至11月上旬入冬前灌封冻水,可防止果树抽条,并提高果树抗寒越冬能力;果园灌水应浸润土壤深度为1 m左右。生产中提倡采用喷灌和滴灌等节灌溉方法。

表 8—5　根外喷肥常用肥料与浓度

肥料种类	质量分数/%	喷施时间	备　注
尿素	0.3~0.5	5—10月	不可与草木灰、石灰混用
人尿	5~15	5—10月	先腐熟才能用,不可混草木灰、石灰
硝酸铵	0.2~0.3	5—10月	
硫酸铵	0.3~0.5	5—10月	
磷酸铵	0.3~0.5	5—10月	
过磷酸钙	1~3	5—10月	不能与草木灰、石灰混用
磷酸二氢钾	0.2~0.4	5—9月	
氯化钾	0.3~0.5	5—9月	硝酸钾、磷酸氢钾的使用浓度和时期,均与氯化钾、硫酸钾
硫酸钾	0.3~0.5	5—9月	相同,不能与氮肥、过磷酸钙混用
草木灰液	2~6	5—9月	
硫酸锌	0.2~0.3	5—10月	防治小叶病
硫酸锌	3~5	萌芽前	防治小叶病
环烷酸锌	0.003	5—10月	防治小叶病
柠檬酸铁	0.05~0.1	4—9月	防治黄叶病
硫酸亚铁	0.2~0.3	4—9月	防治黄叶病
硫酸锰	0.2~0.3	5—7月	防治缺锰症、粗皮病
硝酸钙	0.3~0.4	5—9月	防治苦痘病
氯化钙	0.3	花后	防治木栓病,旺树使用较宜
硫酸铜	0.1~0.2	5—9月	防治缺铜症
硫酸镁	0.5~1	5—9月	防治缺镁症
硼酸	0.2~0.4	4—9月	防治缺硼症,提高坐果率
硼砂	0.2~0.3	4—9月	防治缺硼症,提高坐果率

辛培刚,1999。

(三) 花果管理

1. 促进花芽分化与提高花芽质量　在培养优质中短梢的基础上,促生花芽的关键是有机营养的局部积累、激素的协调配合和适宜条件的影响。具体技术有多种 如增施有机、松土透气、补磷增钾、保养须根、拉枝开角、防病保叶、割剥扭拧、药物“化控”、减水控氮、“两停”追补等,依据树相判断,优化配伍,综合进行,方能取得满意效果(图 8—2)。

在形成花芽的同时及其以后,应时刻注意花芽质量的提高。这不仅是增加坐果的前提,也是增加单果重、提高果品质量的器官基础。优质花芽的外观大而饱满,鳞片突出而茸毛少,颈部稍细,芽尖略歪,芽体较重 看内部,分化较深,花器各部发育完全,雏梢节数多,花下叶原基多,子房细胞基数高,酶活性强。提高花芽质量的途径和措施见图 8—3。

2. 提高坐果率　坐果率的高低和花芽形成同等重要,是产量形成的两大关键环节,有时坐果率甚至是决定性的一环。有了一定的花芽,能否由花变果,坐果几率如何,皆是产量的基础。生产上常出现“满树花、半树果、花不少、果不多”甚至出现“花而不实”的现象。提高坐果率的途径主要从保证授粉受精,满足营养供应,防止灾害袭扰,减轻器官竞争等方面入手,其具体技术措施如图 8—4 所示。

3. 仁果类果品质量管理　果品质量是决定经济效益的关键环节。品质应包括外质、内质、

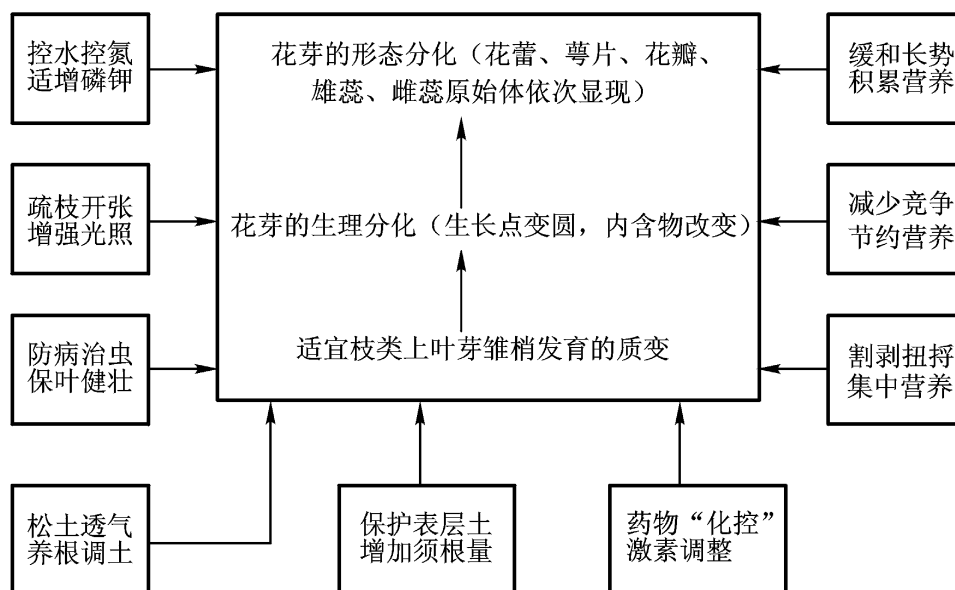


图 8－2　仁果类果树促进花芽分化的主要措施 (辛培刚,1999)

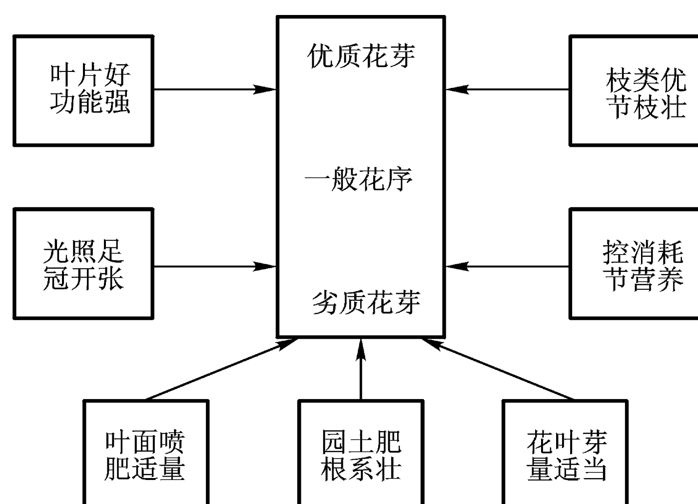


图 8－3　提高花芽质量的主要途径和措施
(辛培刚,1999)

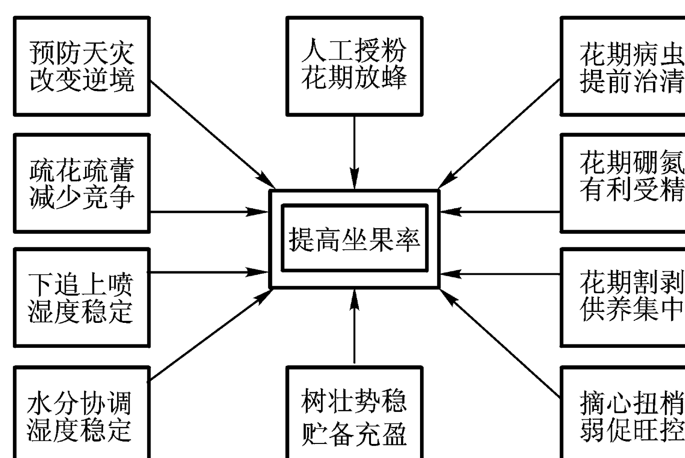


图 8－4　提高坐果率的主要途径和措施
(辛培刚,1999)

贮藏质、鲜食质、商品质等，各又包括多种因素。其中，综合性商品质量以适应市场需求更显重要，必须高度重视。提高果品质量的综合技术途径如图所示（图8－5）。

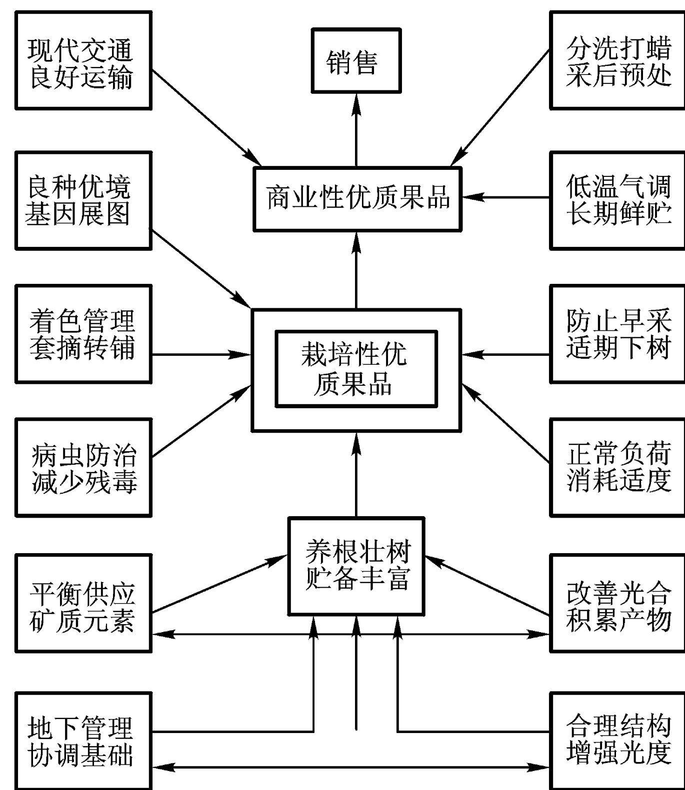


图8－5　提高果品质量的综合技术措施和途径（辛培刚，1999）

第二节　核果类

一、概况

（一）生产概况

在我国，栽培面积比较大的核果类的树种主要有桃、李、杏、樱桃、杏梅、梅等。

据FAO资料统计，我国桃（包括油桃）在世界上栽培面积最大，总产量最高，意大利居第2位，美国第3位。2000年我国桃的栽培面积达90.80×10^4 hm^2，产量3 830 kt，占世界产量的28.5%，人均3.0 kg/人，高于世界平均水平2.2 kg/人，但低于美国（5.1 kg/人）和意大利（30.4 kg/人）。从单位面积产量看，我国较低，仅281.2 kg/666.7 m^2，远低于世界平均水平，仅相当于意大利和美国的20%。从出口贸易看，2000年全世界桃（包括油桃）的出口总量为1 120 kt，意大利和美国出口量大，进口少。我国出口3.0 kt，而进口量为46 kt。

我国是李栽培面积、总产量最大的国家，其次是罗马尼亚和美国。2000年，李面积100.49×10^4 hm^2，产量3 610 kt，占世界产量的40%以上，但平均单产仅239.5 kg/666.7 m^2，仅相当于美国的27.9%，低于世界平均水平，且出口量小，只有7.0 kt，而同期进口达50 kt。

就世界范围看，杏与桃、油桃、李相比，栽培面积小，产量少。土耳其杏的栽培面积最大，产量最多。至2000年，我国杏的栽培面积为1.42×10^4 hm^2，产量69 kt，分别占世界面积和产量的3.6%和2.5%。人均占有量（0.11 m^2、54 g）仅为美国的1/3，土耳其的1/60，远远低于世界平均水平。

世界甜樱桃栽培面积和产量美国最多，其次为土耳其。我国栽培的主要是中国樱桃，果个小、品质差，极不耐贮运，限制了大量发展。我国甜樱桃栽培始于19世纪70年代，一直发展缓慢，20世纪90年代特别是1995年以来发展较快，主要集中在山东半岛和辽东半岛。据统计，山东省甜樱桃栽培面积占全国的3/4。2000年我国甜樱桃栽培面积仅1.33 hm^2，占世界的3.9%，产量8 500 kt，占世界的0.48%。甜樱桃必须人工采收，且用工多，国外劳动力价格高，生产成本较其他果树大大提高，在很大程度上限制了甜樱桃的大规模发展。我国劳动力资源丰富，有发展甜樱桃生产的独特优势。

（二）优良品种

1. 桃的品种群与品种　桃的品种繁多，粗略统计世界上有3 000个以上的品种，我国约有1 000个。栽培上则根据桃树的形态、生态和生物学习性划分为几个品种群。按照果面茸毛的有无，分为普通桃（有毛）和油桃，油桃是普通桃的单项变异。按核和果肉的粘离度，分为离核、粘核或半粘核品种。按果实成熟时肉质的特性，分肉溶质、肉不溶质和硬肉桃三种类型。按果肉的颜色，分为白肉桃、黄肉桃和红肉桃。按生态适应性，分为北方品种群、南方品种群和南欧品种群。按综合性分类，可把生产上的栽培品种划分为六个品种群，分别是硬肉桃品种群、蜜桃品种群、水蜜桃品种群、黄肉桃品种群、蟠桃品种群和油桃品种群。下面仅介绍几个栽培面积大或新引育的品种。

(1) 深州蜜桃　原产于河北深县西魏村、北张村及马庄一带，分红蜜与白蜜两个品系。果实大，平均果重180 g，最大果重200 g以上；果形椭圆，两半部不对称；果顶圆凸，顶点钝尖，呈嘴状；缝合线深，过顶；梗洼深广，呈眼形，果皮底色乳黄，顶部，腹部，背部密布红色细点晕；绒毛粗密；皮厚，韧性强，易剥离。果肉白色，着大量红色近核处为暗红色；肉质致密，软溶至硬溶，汁液中，香气中，风味浓甜，微涩。可溶性固形物13.5%，可溶性糖9.03%，可滴定酸0.48%，黏核。8月底果实成熟，生育期140 d。花粉能育，量多。晚熟鲜食品种，品质极上，果实大，较耐运。

(2) 肥城桃　原产于山东省肥城，品系较多，品质较好的有白里、红里等品系。果实特大，平均果重250～300 g，最大果重可达900 g以上；果形圆，果顶圆，顶点呈尖状凸起；缝合线深，梗洼深广而整齐。果皮初熟时呈淡黄绿色，完熟后呈蜜黄色，阳面微现红晕；茸毛较多；皮厚，韧性强，难剥离，果肉黄白色，近核处白色或红色；肉质柔软细嫩，汁液特多，风味极香甜。可溶性固形物15.8%，黏核。4月上旬盛花，9月上旬果实成熟。花粉能育，量多。晚熟鲜食品种，品质极上，果形特大，丰产。

(3) 仓方早生　日本品种，果实大，平均果重225 g，最大果重450 g；果形圆，稍不正，两半部不对称；果顶圆平；缝合线浅，不明显，梗洼深；果皮乳白色，易着色，带玫瑰色条纹或细点晕，外观美；绒毛短；皮厚，韧性强，难剥离，果肉乳白色，带红色，近核处与肉色相同，厚1.98～2.09 cm，软溶至硬溶，肉质细密，汁液中，纤维多而粗、香气中、风味甜微酸。可溶性固形物10.20%，可溶性糖7.87%，可滴定酸0.17%，粘核。果实生育期89 d。无花粉。早熟鲜食品种，品质中上，果实耐贮运。

(4) 新川中岛　日本品种,果实圆形至椭圆形,果顶平,缝合线不明显;果个大,单果重250 g;果面绛红,色泽艳丽,果面光洁,茸毛少而短;果肉黄白色,近核处淡红色;果肉脆硬,汁液多,可溶性固形物13.5%,酸甜适口,味浓香,品质优良半粘核,耐贮运。果实生长期100~110 d,果实7月底成熟。树势强健,树姿较开张,长势强旺,分枝多,进入结果期,树势中庸,萌芽率高,成枝力强,复花芽居多,幼树以长、中果枝结果为主,盛果期以中、短果枝结果为主,坐果率高。

(5) 丹墨　北京市农林科学院育成。果实卵圆形,平均单果重90 g,最大120 g。果顶圆平,两半对称,全面浓红,果肉橙黄色,软溶质,风味甜酸,有香气,含可溶性固形物10.2%,品质上乘。较耐贮运。果实发育期68 d。树姿开张,早果性强,丰产性好。花粉量大,自花授粉结实率高。

在日光温室中栽培,1月下旬开花,果实于4月初成熟。

(6) 曙光　果实长圆形,平均单果重86 g,最大146 g。果实全面浓红,肉质细脆甜香。果实生育期68 d。露地条件果实于6月上旬成熟。树势健壮中庸,早实丰产性较好。需冷量750~800 h。在日光温室中于4月中、下旬成熟。

2. 杏的主要优良品种

(1) 红丰　亲本为二花槽×红荷包,山东农业大学选育。该品系具有三个突出的优点,① 树姿开张,枝条自然下垂,长、中、短枝均能坐果,败育花比率低,自然授粉坐果率高,丰产性极强;② 开花晚,抗冻力强(花期可避开早春晚霜冻害),成熟早、果实发育期仅58 d,经Katy(凯特)杏早熟22 d;③ 平均单果重56 g,最大果重70 g,果面光亮,果实底色黄色,阳面鲜红色,着色面占果面1/2以上,极美观,肉细汁多纤维少,香味浓,品质优良。

(2) 新世纪　为红丰的姊妹系,山东农业大学选育。果个大,品质优,成熟早是该品系的优点,平均单果重68.2 g,果大果重90 g,果实底色橙黄色,彩色为粉红色,肉质细,香味浓,品质佳。开花晚抗霜冻,虽然坐果率不如红丰高,但明显高于红荷包、二花槽、巴旦水杏等目前生产主栽品种。

(3) 凯特　引自美国。果实大,平均单果重92 g,最大138 g;果形近圆形,果皮底色浅黄,果面鲜红色,有光泽,极美观;果肉黄色,质细,浓香,叶甜可口,鲜食品质极佳。山东泰安6月中旬成熟,较耐贮运。嫁接树栽后第二年开始结果,最高株产可达16 kg,四年生株产32 kg。长势强,发枝粗壮,分枝力强,成形快,早果性好,完全花比例高,自花结实力强,适应性较强,抗霜冻。栽培时应选微酸性、有水浇条件、排水较好的地块栽培。

(4) 红荷包　原产于济南。果实中,平均单果重45 kg,最大70 g;果形椭圆形,果皮红色,有光泽;果肉细,汁多,浓香,味甜可口,鲜食品质上。山东泰安5月下旬成熟,为极早熟品种。嫁接树栽后第三年开始结果。栽培时应选微酸性、有水浇条件、排水较好的地块栽培,最适宜在春天升温快的地区发展。

(5) 金太阳　果实较大,平均单果重60.5 g;最大果重70.0 g;扁球形,果顶平,缝合线浅平,两半部对称,果面光洁,底色金黄色,阳面着红晕,外观美丽。果肉黄色,肉厚1.46 cm,可食率为96.8%,离核。肉质细嫩,纤维少,汁液较多,有香气,品质上等,果实完熟时可溶性固形物14.7%;总糖13.1%,总酸1.1%,风味甜,适合绝大多数人的口味。抗裂果。较耐贮运,常温下可放5~7 d,在0~5 ℃条件下,可贮藏达20 d以上。

3. 李的主要优良品种

(1) 红良锦　日本福岛县营野幸男育成的李品种，果实大果形，单果后100～150 g，果形圆形，果皮全面鲜红色，外观美观。果肉淡黄色，致密多汁，无涩味，甜味多，酸味中等，甜酸适合，食感良好，耐贮性好。成熟期在7月上旬。树势中等，花粉少，自花结实差，需授粉树，无生理落果和裂果。在日本被评价为21世纪的划时代的李品种。

(2) 秋姬　系日本晚熟大果型李品种。单果重200～300 g，极大果，果皮黄底着红紫色。果肉黄色多汁，甜酸味浓，风味浓厚，收获后数日食用，食感优良。成熟期在9月中旬。幼树直立，结果量增加，树姿逐渐开张。

(3) 黑琥珀　果实扁圆形，直径6.2 cm，单果重100～150 g。完全成熟时，果皮紫黑色，果粉厚。果肉淡黄色，质地较致密，肉质硬韧，风味甜香，品质上等，果肉可食率97%以上。在山东鲁中7月下旬成熟。树性直立，树势中庸。

(4) 安格诺　美国品种。果大，平均单果重135 g，最大单果重210 g。果皮紫黑色，光亮美观，果肉红色，质细味甜，富香气。9月下旬成熟，耐贮运。

4. 西洋甜樱桃优良品种

(1) 大紫　又名大叶子、红樱桃。果实中大，平均单果重5.1 g，最大单果重7.0 g，平均纵径1.8 cm，横径1.6 cm，侧径1.9 cm，宽心脏形，果顶微平或微凹，缝合线不明显。果皮紫红色，皮薄，果肉红色，柔软多汁，味甜，可溶性固形物14%，品质上等，离核，果实发育期40 d左右。丰产性好，幼树生长旺盛，萌芽率高，成枝力强，长、中、短果枝结果均好，以短果枝结果为主，是那翁等的良好授粉品种。

(2) 红灯　辽宁省大连农科所培育。果实大型，平均单果重9.0 g，最大果重13.5 g。果皮紫红色，有光泽，果肉肥厚，肉质较软，汁液较多，风味酸甜，品质上等，可溶性固形物17.1%。缺点是贮运性较差。果实成熟期与大紫相近。树势强健，一般定植后4年开始结果，盛果期以花束状结果枝和短果树结果为主，较丰产。

该品种为异花结实，建园时需配置红灯、那翁或水晶、斯塔勒、滨库等品种作为授粉树。

(3) 莫利(Bigarreau Moreau)　法国育成，又称意大利早红，该品种树势强健，幼树生长快，枝条粗壮，节间短，花芽大而饱满，每花芽花1～3朵。早果性比红灯强，一般栽后3～4年结果，第5年进入丰产期，比红灯提早1～2年。果实5月20～25日成熟，比红灯提前5～7 d。果实肾脏形，果梗中短，单果重8.6 g，很少裂果，果实生育期30～33 d，成熟期较整齐，果皮鲜红色，完熟呷淡紫红色，有光泽；果肉较硬，粉红色，肥厚多汁，风味酸甜可口，品质上，离核鲜食品种。可食率92.98%，可溶性固形物17.68%，较红灯高1.78%，总糖12.1%，总酸0.66%。

该品种建园时应配置适量的红灯、芝罘红或拉宾斯、先锋等品种作为授粉树。由于该品种成熟早，品质好，适于保护地栽培。

(4) 早红宝石　山东农业大学引自乌克兰。果实中大，平均单果重7～8 g；果形阔心脏形，果皮紫红色、易剥离；果肉紫红色、质细、多汁，酸甜可口；花后27～30 d成熟，山东泰安1998年5月5日、1999年5月7日成熟，是目前我国最早熟的甜樱桃品种。嫁接树栽后第三年开始结果，以花束状果枝结果，盛果期公顷产15 900 kg。抗旱、抗寒，适应性较强。栽培时应选微酸性、有水浇条件、排水较好的地块栽培。

(5) 抉择　山东农业大学引自乌克兰。果实大，平均单果重11～13 g；果实圆形至心脏形，果皮紫红色；果肉紫红色、质细、多汁、酸甜可口；果核小，半黏核。花后35～40 d左右成熟，山东

泰安 1998 年 5 月 13 日、1999 年 5 月 14 日成熟，很有希望代替目前主栽的红灯。嫁接树栽后第三年开始结果，以花束状果枝结果，盛果期公顷产 19 999.5 kg。抗旱、抗寒，适应性较强。栽培时应选微酸性、有水浇条件、排水较好的地块栽培。

(三) 生物学习性

1. 根系　核果类果树根系比较发达，其分布的深广度因砧木种类、品种特性、土壤条件和地下水位等而不同。桃、樱桃、李的根系一般较浅，尤其是经过移栽断根的树，水平根发达，其同级无明显垂直根。侧根分枝多近树干，远离树干则分枝少，其同级分枝粗细相近，尖削度小。根的水平分布一般与冠径相近或稍广 垂直分布通常在 1 m 以内。杏的根系则入土较深，水平分布较广。据西北农大在陕西乾县丈八村对沟连崖上的 40 年生广杏 (毛杏砧) 进行调查表明，其水平根展达 12.6 m，垂直根深达 7.4 m。核果类果树根系呼吸旺盛，多不耐涝。据观察，在地势低洼、易积水的园地比不积水园地死根比例多，同时观察到积水 1～3 昼夜即可造成落叶。因此，在进行核果类果树建园时要特别注意防止水涝。另外，与其他树种相比，核果类果树连作障碍更为明显。一方面，重茬时极易发生根癌病，轻者树势衰弱，果品产量低劣，重者树株死亡。另一方面，研究表明，桃等的连作障碍在于土壤中残留有前茬根系，根内含有大量苦杏仁苷，在土壤中分解产生对根系抑制作用的有毒物质氢氰酸和苯甲醛。

2. 枝芽特性　芽按其性持可分为花芽、叶芽、潜伏芽。

核果类果树的花芽为纯花芽。除李、樱桃以外，多数是一个花芽开一朵花。同一节位上可着生数个花芽，称为复花芽 (图 8－6) 。

叶芽着生在枝条顶端或叶腋。以被有鳞片的芽越冬。而生长势强的新梢上，其叶腋的叶原基有时当年不发育鳞片，而是随着新梢的迅速生长而自然萌发，生长 2～3 次梢叶，此类芽即为早熟性芽，是核果类果树一年发生多级次分枝的生物学基础。

桃的潜伏芽寿命短，生产中应特别注意及时更新复壮。李、杏等树种的潜伏芽寿命较长，较易更新。

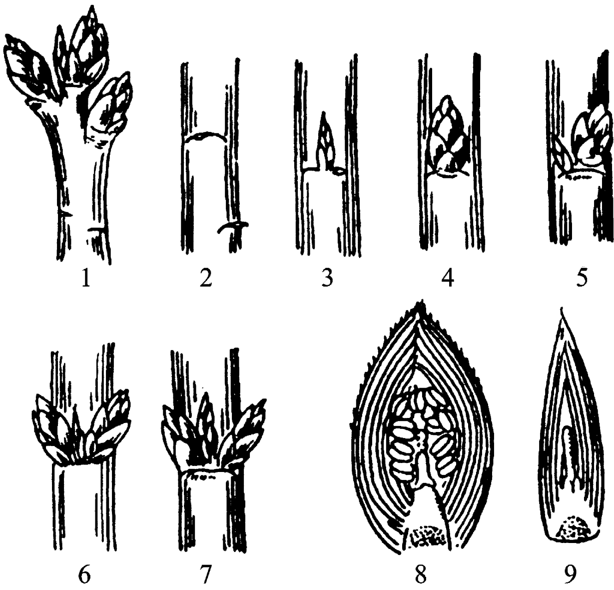


图 8－6　桃树的芽
1. 短果枝上的单芽　2. 隐芽　3. 单叶芽　4. 单花芽
5～7. 复芽　8. 花芽剖面　9. 叶芽剖面

按主要功能枝可分为生长枝与结果枝两类。生长枝中按其生长势不同，又可分为发育枝，徒长枝和叶丛枝。发育枝生长强旺，粗度为 1.5～2.5 cm，有大量副梢。发育枝上和发育枝的副梢上虽能形成少量花芽开花结果，但其主要功能为形成树冠的骨架。叶丛枝极短，约 1 cm 以下，只有一个顶生叶芽，萌发时只形成叶丛，不能结果；当营养、光照条件好转时，也可发生壮枝，用作更新。生长过旺而不充实的为徒长枝。

发育枝、徒长枝、徒长性结果枝等，都具有早熟性芽，在其主梢迅速生长的各次高峰期，都伴随着分批发生一定数量的副梢，或多级次的副梢 (二次、三次副梢) 。生长缓慢的中短枝，一般不萌发副梢 (表 8－6) 。

3. 结果习性　核果类果树多数成花早且易。例如，油桃、桃等的品种多数可于定植后第 2

年开花。年周期中核果类果树开花较早，且一般先开花后长叶。花芽在枝条上呈现单芽或二、三芽并生。一节着生三芽时，两旁为花芽，中间为叶芽，这种排列的复芽坐果率较高而可靠。

根据花芽的着生情况和枝的长短，可分为徒长性果枝、长果枝、中果枝、短果枝及花束状果枝（图8－7）。

徒长性果枝生长较旺，长60～80 cm或以上，粗1.0～1.5 cm，有副梢。一般花芽质量稍差，坐果率低，但也有些品种结实较好，可以利用结果，结果后仍能萌发较旺新梢，故常利用它培养健壮枝组。

长果枝生长适度，长30～60 cm，粗0.5～1.0 cm，一般无副梢。枝上花芽比例多，花芽充实，多复花芽，是多数品种的主要结果枝。结果同时还能发生生长适度的新梢，形成新的长果枝和中果枝（长15～30 cm），可保持连续结果的能力，短果枝和花束状果枝（短于5 cm），结果能力较强，但寿命短，一般不超过5～6年，多是北方桃和杏、李、樱桃的主要结果枝类（表8－7）。

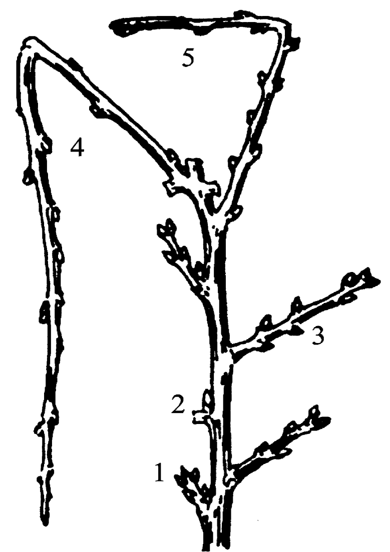


图8－7　桃的结果枝
1. 花束状果枝　2. 叶丛枝　3. 短果枝　4. 长果枝　5. 中果枝

表8－6　核果类果树生长习性比较

树种	桃	杏	樱桃
根系	根系浅，无明显主根，水平根系发达	根系强大 抗旱力强	易发根蘖，中国樱桃根系分布浅
枝条	生长势强，可分极短枝，短软枝、长软枝、长硬枝、徒长枝，枝条下部多盲节、弱芽单芽，中上部多复芽	生长势较强，可分生长枝、长果枝、中果枝、短果枝及花束状果枝	生长势中等，可分生长枝、长果枝、中果枝、花束状和花簇状短果枝，枝条在开花期停止生长，萌芽力高
芽	叶芽着生于枝条顶端或叶腋，早熟芽萌发，基部无芽鳞痕，潜伏芽寿命短，南方桃复花芽多，北方桃单花芽多	新梢，每节侧芽1～4个，枝条上部多单芽，下部复芽，潜伏芽寿命长，休眠期最短	顶芽为叶芽，腋芽单生，少数复芽，隐芽寿命长，休眠期较短

高东升，1997。

表8－7　核果类果树结果习性比较

树种	桃	杏	樱桃
花芽类别	纯花芽	纯花芽	纯花芽
花芽着生部位	腋花芽	腋花芽	腋花芽
花芽状况	一花芽一花	一花芽一花	一花芽2～7朵花
花芽分化	新梢缓长与花芽生理分化相符 花芽形成需8～9月		分化集中、速度快，采果后10 d左右行生理分化，形态分化在采果后1～2个月
开花习性	开花期较早	开花期早、有完全花和退化花之分	开花期早 从开花到果熟仅40～50 d

续表

树种	桃	杏	樱桃
授粉与坐果	自花结实率高,异花授粉可提高产量	多数异花授粉才能结实,坐果率偏低	大樱桃自花不孕,需配置授粉树
果实发育	有些品种可形成无胚或小胚的桃奴,食用部位为中果皮,两胚中其一发育成种子,分前期生长期、硬核期,采前莲花期三个阶段	落果高峰有幼果形成和果实迅速膨大两个时期,果实多集中6月份成熟	从开花到果熟40～50 d,5月中下—6月上旬成熟

高东升,1997。

4. 对环境条件的要求

(1) 温度　核果类果树对气候条件的适应范围较广,全国除极热、极冷地区外,均有栽培,以冷凉干燥地区最为适宜。一般品种在－25～－22 ℃条件下便容易发生冻害。但有些品种如浑春桃、西北黄甘桃在－27 ℃条件下,仍有较好的收成。

桃花芽抗寒力弱,如在北京地区,冬季在－22.8 ℃时不少品种的花芽和幼树发生冻害,在辽南、辽西地区花芽每年都有水同程度的冻害发生,严重影响产量。幼树抽条现象也很严重,重者枯死。应采取防霜防冻,防止抽条等措施,防止或减轻危害。

冬季休眠期需要7.2 ℃以下的低温,一般桃品种需600～1 200 h的需冷量。我国南方由于满足不了某些品种冬季的需冷量而生长异常,如延迟发芽、开花晚等不正常现象。

(2) 光照　核果类果树喜光性强,对光照反应敏感。桃光照不足时,枝条徒长,花芽分化不良,数量少,落花落果重,果实品质差,小枝衰弱,易枯死,结果部位外移,冠内光秃快,产量低。北方品种群移到南方栽培,反应更明显。

在栽培上,应注意合理密植,采用合理树形。生长季注意疏枝开张,合理进行修剪,适当控制肥水。

(3) 土壤　核果类果树最适于在土质疏松、排水良好的沙壤土上生长,以适应其根系呼吸量大,消耗氧气较多的特点。黏重土、过于肥沃的土壤,易徒长,降低抗寒力,并易得流胶病、颈腐病。切忌在低洼易涝地区栽植。有条件时,可起垄或台田、条田栽植。

二、栽培技术

(一) 育苗

1. 选用优良砧木

(1) 桃最主要的砧木有山桃、毛桃、毛樱桃等。其中山桃耐旱、耐寒力强,与桃的嫁接亲和力强。毛桃适应性也很广,既适应温暖多雨的南方气候,也能适应干旱和寒冷的北方气候,与桃嫁接亲和力较强,接后生长旺盛,根系发达,寿命比山桃长。

(2) 李常用的砧木与桃的基本一样,还可用李砧和杏砧。

(3) 杏的砧木主要有山杏、山桃、毛桃、梅等,其中就适应性、抗逆性而言,仍以山杏表现最好。

(4) 樱桃(甜樱桃)的砧木有马扎德樱桃、马哈利樱桃、草樱桃、青肤樱、毛把酸、考特等。

2. 选择优良品种,嫁接繁殖　生产中应根据当地情况选择优良品种,于夏季或秋季进行芽接或早春枝接,培育良种苗木。

(二) 建园

1. 园地选择　核果类果树适宜土质轻松,排水良好的沙质壤土。在过于黏重或过于肥沃的土壤上易于徒长,流胶,更不宜在低洼易涝或地下水位高的土地上栽培。最好在高地或缓坡上栽培,因排水良好,光照充足,能及时结束生长。同时植株生长健壮,枝条成熟度好,可增强抗旱、抗寒能力。桃抗寒能力较弱,应避免在风口处建园,以减少或避免冻害和抽条。

应避免在老园旧址又建园,或在老园株行间加密栽植新树。大量实践证明,重茬往往出现生长衰弱,产量下降,或生长几年后突然死亡等异常现象。也有的出现新梢短,叶不绿,须根少,产量低的现象。或出现流胶、溃疡病、木质部变褐等。

2. 品种选择　选择品种要根据栽培目的来确定。如桃为满足市场鲜食需要,则应选择果形大而整齐,果肉为硬溶质,白色或乳白色,果面鲜艳,糖酸比高,风味浓郁芳香,成熟度均匀的品种。制罐加工用品种,要求果实大小整齐,缝合线两侧对称,果肉厚,黏核,核小,不裂,核周不红或少红色,果肉以不溶质为好,肉色以金黄色最受欢迎。含酸量可比鲜食品种稍高。

核果类品种不耐贮运,因此同一品种不应栽植面积过大。要早、中晚品种排开,延长供应时期,防止"旺季烂,淡季断"。发展加工用品种,必须与加工单位协调,根据合同要求发展加工单位所要求的品种、数量及质量标准等。

3. 栽植密度　以前核果类果树栽植密度一般较稀。平地一般按(5～6) m×(5～6) m,每株 667 m^2 栽 18～26 株;山坡地(4～5) m×4 m,每 667 m^2 栽 27～33 株。随着矮化密植栽培的发展,每 667 m^2 可栽植 55～83 株。

(三) 肥水管理

1. 施肥

(1) 核果类果树对氮、磷、钾肥的需求特点　核果类果树以桃为代表,一般比苹果、梨等耐瘠薄,对氮肥的反应敏感。尤其幼、旺树,氮肥过多易徒长,越冬性差。因此幼树要控制氮肥施用量。成龄树由于大量结果,消耗营养较多,必须供给充足肥料,防止早衰。

核果类果树对钾肥的吸收量较大。钾肥充足,果个大,含糖量高,风味浓,色泽鲜艳。

核果类果树的需磷量稍少。缺磷时,表现肉质松软,味酸。综合各地经验,每产 100 kg 果实对氮、磷、钾的吸收量分别为 0.25 kg,0.1 kg,0.30～0.35 kg。

(2) 施肥技术　应根据年龄、树势、品种、产量等多种因素,综合运用。

幼树应以基肥为主,少施速效氮肥,防止徒长,以延长枝的基部粗度不超过 2 cm 为原则。

成龄树要以产量及生长势为根据。据北京果农经验,每产 100 kg 果,施基肥 200～300 kg 并追施 N 0.7～0.8 kg,P_2O_5 0.5～0.6 kg,K_2O 1.0～1.5 kg。延长枝粗度保持在 1.0～1.5 cm 粗为宜。对早熟品种应秋施基肥,少施氮肥,制罐加工品种产量大,需氮稍多。直立性品种易上强下弱,应少施氮。衰老树则多施氮。

基肥秋施比春施效果好,表现开花早,花多而大,坐果率高,生理落果少,产量高。

追肥应根据树势和结果情况灵活掌握。中晚熟品种,一般追肥 2～3 次,如基肥不足可在硬核期加追一次。

2. 灌溉与排水

(1) 灌溉　核果类果树虽较耐旱，但为了高产，应保持土壤有较充足的水分。尤其春季干旱地区，应注意灌水，促进枝梢生长和开花结果。灌水重点在萌芽前后。如有越冬抽条现象，则应尽早灌水，使失水现象迅速恢复，减轻危害。后期需水虽多，但因正处于雨季，一般不需灌水。成熟期，灌水量不宜过多，以防止落果。秋季不太干旱则不应灌水。应在土壤封冻前灌封冻水。

(2) 排水　核果类果树怕涝，尤其山桃砧更怕涝。一般积水 24～72 h 便可因水涝缺氧窒息而死。另一方面秋雨过多，灌水过量，则易造成徒长，枝条不充实，化芽质量差，且易得根腐病和冠腐病。在土壤耕作时，要防止树盘内低洼，避免根颈附近积水。

(四) 整形修剪

核果类果树可采用"V"字形、二股四叉形、自然开心形或自由纺锤形整形。核果类果树具有芽的早熟性，生长季枝梢生长量大易旺长，枝叶密度大，幼树修剪宜轻剪缓放，拉枝开角，缓和树势，切忌短截过多、刺激过重。成龄树修剪上应注意减少枝量，加强生长季修剪，调节冠内光照。冬剪时疏除挡光大枝、密生枝、背上直立大枝组，并注意及时更新衰落枝；生长期及时疏除背上、密生、竞争旺梢，及时摘心、抹芽，调整二次、三次副梢的发生，保持树冠结构合理、通风透光。

(五) 设施栽培技术

1. 品种选择　适宜设施栽培的油桃和毛桃品种有曙光、早丰甜、早红珠、丹墨、中油 4 号、春艳、春捷、安农水蜜、仓方早生、砂子早生、早露蟠等。杏有红丰、新世纪、凯特、金太阳等。西洋樱桃有红灯、大紫、意大利早红、乌克兰系列等。李有早美丽、红美丽、大石早生等。

2. 建园

园地选择　所选园地首先要交通便利，利于市场流通，最好靠近交通干线、大中城市、厂矿企业；地势高亢、不积水、雨季地下水位不高于 80～100 cm，背风向阳，四周无遮荫严重的高大建筑物或树木；排灌便利；土壤类型以疏松的沙壤土或壤土为好，不用重茬地、盐碱地和黏土地。

定植密度　株行距 1 m×2 m 为宜。

栽植模式　采用一年生速生苗，采用起垄栽植。挖定植沟，沟宽 1 m，深 0.5 m，土壤板结时应适当加深，表土与底土分放，回填时先将表土和足量腐熟有机肥、适量磷钾肥混匀填入，至离地面 20～30 cm 时再填底土，防止肥料烧根。苗木适当浅栽，栽后灌水，水渗下后 1～2 d 覆土起垄。栽后定干，干高 30～40 cm，南低北高。

3. 促长促花　"前促后控"是当年定植、当年扣棚、当年丰产的技术关键。"前促"即前期促长，7 月 15 日以前一切管理措施均以促进营养生长、迅速扩大树冠为目的；"后控"即后期促花，7 月 15 日以后一切管理措施均以控制树势、促进花芽分化为目的。

(1) 促长措施

肥水管理　新梢长至 15～20 cm 时，开始追施速效肥料，地下追肥和叶面喷肥交替进行，地下追肥通常每株施 40～50 g 尿素，叶面喷肥为 0.3%尿素和 0.4%～0.5%磷酸二氢钾，每 10～15 d 追施一次，连续 2～3 次，追肥时结合浇水，此外视土壤水分状况浇水。

摘心促成形　培养多主枝开心形。5 月中下旬选长势、角度好的 4～6 个新梢培养为预备枝，其余新梢抹除。6 月上中旬、新梢长到 40 cm 左右时摘心（剪除顶端 5～10 cm），促发二次枝，增加质量，扩大树冠。

(2) 促花措施

肥水管理　7 月中旬以后停止地下追施 N 肥，以磷钾肥为主 加强叶面喷肥，每 7 d 喷 1 次 0.3%磷酸二氢钾，连续喷至落叶，如墒情好，一般不浇水，雨季注意排水。

化学促花：于 7 月中下旬至 9 月上旬，隔 10～15 d 喷一次 15%PP_{333} 200～400 倍液，连喷 2～3 次，能有效地抑制新梢旺长，促进花芽分化。

拉枝　7 月中旬，选 3～4 预备枝培养为永久性主枝，拉成 70～80°角，其余预备枝拉平，作为辅养枝。主枝上的直立旺梢及时扭梢、捋枝控制，过密时疏除。

4. 设施类型选择　适宜核果类设施栽培的设施类型包括塑料薄膜日光温室（用于冬季促成栽培）或塑料大棚（用于春提前或秋延迟栽培）。

5. 扣棚前管理

⑴ 肥水管理　定植当年在施足基肥的基础上，秋季不再使用有机肥，但已结果树，应于 9 月中旬至 10 月中旬施一次有机肥和复合肥，使用量为每 667 m^2 腐熟鸡粪 1 000 kg 或厩肥 2 000～3 000 kg、硫酸钾复合肥 65 kg。扣棚前 20～30 d 浇透水，全园覆盖地膜。

⑵ 扣棚前冬剪　进一步调整树体结构，疏除无花强营养枝、病虫枝、过密枝、重叠枝及延长头竞争枝。疏枝量应少于总枝量的 10%，以免破坏地上地下的平衡。实行长枝修剪，除对主枝延长枝轻短截外，其余所留枝条一般不短截。

6. 人工破眠　采用人工低温预冷法。深秋夜间平均气温低于 10 ℃时扣棚，白天盖草苫降温，晚上掀苫通风，创造 0～7.2 ℃的低温环境，约一个月的时间，提早满足果树需冷量，可提早扣棚。

7. 棚室内管理

⑴ 环境调控

保温开始期确定　根据品种需冷量确定保温开始期，大多数桃、李、中国樱桃品种在山东地区 12 月中旬、杏在 12 月下旬、甜樱桃 12 月底 1 月上旬可完成自然休眠，可开始扣棚，开始升温应有 7～10 d 循序渐进的过程。温湿度调控可参考表 8－8。

表 8－8　设施内桃树各生育期适宜温、湿度范围

生育期	温度/℃		相对湿度/%
	白天	夜间	
萌芽期	13～18	>5	<80
花期	18～22	>7	50～60
果实膨大期	20～25	10～15	<70
果实近熟期	25～30	15～17	<70

高东升，1997。

萌芽期和开花期是温度控制的关键时期，萌芽期温度过高开花过快，降低坐果率，开花期温度过高过低都影响授粉受精，各生育期，白天温度接近最高限定温度时应放风，通常先放顶风，如温度继续升高，可放脚底风。空气相对湿度过大时，可通过通风和覆地膜降低湿度，浇水时避免大水漫灌。

⑵ 控制新梢旺长　萌芽后及时抹去背上芽，新梢长至 15～20 cm 时多次摘心控制旺长。盛花后 10 d 结合对新梢摘心，喷布 15%PP_{333} 300 倍液，有利于缓解新梢生长与果实发育之间对

养分的竞争,能提高坐果率、增大果个。

(3) 肥水管理　为缓解新梢生长与果实发育之间养分竞争,应视植株营养状况及时进行叶面喷肥和地下追肥。花后2周叶幕形成后,开始叶面喷施0.2%尿素和0.2%磷酸二氢钾,10～15 d 1次,连喷2～3次。果实膨大初期和硬核期地下追肥各1次,每株可追尿素30 g、磷酸二氢钾30 g、结合追肥可分别浇小水,其他时间视商情浇水,切忌大水漫灌。

(4) 花果管理

加强授粉　棚内特殊的小气候使花器发育不全、单花开放时间缩短,而且高湿环境也不利于花粉传播和授粉受精,因此必须采取下列措施加强授粉:① 降低空气湿度。在适宜温度范围内提高气温和通风除湿,都能降低相对湿度。② 配置适宜授粉树。对自花授粉能力差的品种,应配置花期一致的适宜授粉树。③ 人工授粉和蜜蜂传粉。当棚内已配置好花期一致的授粉树或棚内品种自花结实能力很强时,人工授粉或蜜蜂传粉。如授粉品种与主栽品种花期不一致或棚内品种单一且自花结实能力不强,则必须用贮藏花粉授粉。条件许可,尽量利用蜜蜂传粉,蜜蜂在15～23 ℃范围内均能活动,效率高且省工。

疏花疏果　为保证较高的坐果率,一般不疏花只疏果。如果要疏花,可疏除坐果率低的晚花、弱花。疏果时要疏去并生果、畸形果,一般保留发育正常的大果,长果枝留3～4个,中果枝留2～3个,短果枝留1～2个。外围、上部宜多留,内膛、下部少留。

8. 越夏更新,防止隔年结果

(1) 采后重回剪　采收后在结果枝基部留2～3个芽重短截,疏去大型结果枝组。根据品种特性采取两种方法回缩修剪,即采后重打顶和采后分段更新。

(2) 采后施基肥　传统基肥使用方法是秋后集中一次施足,但设施栽培中树体贮藏养分消耗大,且一般进行采后重短截,需加强营养恢复树势。可于采后施腐熟鸡粪1 000 kg,加硫酸钾复合肥25 kg。

(3) 排水防涝　降雨后及时排水防涝,平原黏土地尤应注意。

第三节　浆果类

一、概况

(一) 生产概况

落叶果对中,浆果类包括的树种繁多,有乔木、有灌木、有藤木,也有多年生草本植物。常见树种有葡萄、猕猴桃、草莓、石榴、无花果、醋栗等。

葡萄是世界上总产最多栽培面积最大的树种,栽培广泛,历史悠久。其果实除作为鲜果食用外,主要用于酿酒,还可制成葡萄汁、葡萄干以及罐头等加工品。葡萄对环境条件的适应性很强,盐碱地、砂荒地和山薄地经过适当改良后,都能成功地栽培葡萄。到目前为止,我国的葡萄栽培面积已达28.3×10^4 hm^2,年产量为3 281.7 kt(中国农业年鉴,2001),其面积和产量在北方落叶果树中仅次于苹果、梨、桃之后排第四位。

猕猴桃原产于我国，国外猕猴桃多从我国引入，栽培历史较短，1940年开始猕猴桃的商品栽培。1906年，新西兰由我国引进种子，培育出世界广泛栽培的优良品种，成为猕猴桃的生产大国。我国猕猴桃的栽培面积和产量已居世界第一。

草莓是多年生草本果树，是小浆果植物的代表，管理容易，生产周期短，栽培模式多样，供应期长：露天及保护地（促成、半促成、早熟、延迟等）、无土、立体、间作等皆可。日本、中国等国家基本实现草莓的周年供应。

石榴原产地为伊朗及阿富汗等中亚地带，主要分布在亚热带及温带地区。我国石榴栽培已有2 000多年的历史，主产区有山东枣庄、陕西临潼、新疆和田、安徽怀远、四川会理、云南巧家等。石榴花色鲜艳，花期久长，除果实鲜食、加工外，在庭院行道绿化和盆景开发方面也有独特的发展前景。

（二）优良品种

1. 葡萄　在植物学上属葡萄科、葡萄属，又可分成两个亚属，即真葡萄亚属和香葡萄亚属。按地理分布的不同，真葡萄亚属可分成三个种群：

欧亚种群　欧亚种群是最具栽培价值的，拥有许多优良品种。欧亚种葡萄的抗寒性较弱，易染真菌病害，不抗根瘤蚜，抗石灰质能力较强，在抗旱、抗盐及对土壤的适应性等方面，不同品种之间有差异。

北美种群　仅有几种在栽培和育种中应用。多雌雄异株，果穗小而松散，果实小、黑色。北部种类具较高的抗寒性，南部种类则较抗旱、抗盐和抗根瘤蚜。实际科研生产中常用以下几种：美洲葡萄、河岸葡萄、沙地葡萄和伯兰氏葡萄。

东亚种群　分布在中国、朝鲜、日本及俄罗斯远东地区。生长强健，雌雄异株，叶大，果穗及果粒小，生长期较短，具有抗寒或耐湿热等特性。主要用作砧木、观赏或育种的原始材料，比较重要的种类有：山葡萄、奥、葛和刺葡萄。

生产中主要鲜食品种介绍：

⑴ 京秀　欧亚种。以潘诺尼亚（Pannoniavincsa）为母本，杂种60～33（Muscat Hamburg×Black Monukka）为父本杂交育成。果穗圆锥形，露地栽培平均穗重513 g；果粒椭圆形，平均粒重6.3 g，最大9 g，玫瑰红或紫红色，肉厚特脆，味甜，酸低，含可溶性固形14%～17%，含酸量0.39%～0.47%，品质特佳。生长日数102～112 d，为早熟品种。抗病力中等，较易感染炭疽病。

⑵ 京亚　欧美杂交种。从黑奥林葡萄的种子实生选育而成。果穗圆锥或圆柱形，平均穗重476 g，少数有副穗；果粒椭圆形，平均粒重10.8 g，最大20 g，紫黑色，肉汁较多，汗多，酸甜，含可溶性固形物13.5%～18%，含酸量0.65%～0.9%，品质中上等。为早熟品种。抗病力强，不裂果，不落粒，着色好。

⑶ 晚红（Red Glob，又名红地球、红提）　欧亚种。原产美国。果穗长圆锥形，果粒着生松紧度中等，平均穗重800 g；果粒圆形或卵圆形，平均粒重12～14 g，最大22 g；果皮中厚，暗紫红色，果肉硬脆，味甜，含可溶性固形物17%，品质极佳。从萌芽到果实完熟生长日数约150 d，为晚熟品种。果刷粗长，不掉粒，特耐贮藏运输。抗病力中等，较易感染黑痘病。

⑷ 瑞必尔（又名黑提）　欧亚种。原产美国。果穗大，圆锥形，穗粒着生紧密，平均穗重500～600 g；果粒近卵圆形，平均粒重10～12 g，最大15 g；果皮厚，蓝黑色，果肉硬脆，味甜，含可溶性固形物18%，品质极优。从萌芽到果实完熟生长日数约160～170 d，为当前最优晚熟鲜食

品种之一。抗病性强于红地球和圣诞玫瑰。

(5) 巨峰　原产于日本。果穗大，重 300～430 g。圆锥形，松散或中等紧密。果粒大，平均重 9～12 g，椭圆形，紫红色，果粉中厚，果皮厚。肉软多汁，黄绿色，有肉囊，稍具美洲种风味。可溶性固形物 14%～16%，含酸量 0.6%～0.7%，味甜酸。从萌芽到果实充分成熟需 130～140 d。树势强，丰产，适应性强，是我国目前露地和保护地栽培面积最大的品种，但并不是保护地栽培的最优品种。

2. 石榴　石榴属于石榴科石榴属，生产上栽培的只有一个种，即石榴。其开花结果状见图 8－8。



图 8－8　石榴的开花与结果状态
1. 短营养枝抽生新梢　2. 短结果母枝抽生结果枝　3. 结果枝　4. 新梢

(1) 大青皮甜（又称铁皮石榴）　该品种是“枣庄石榴”的代表，也是本产区的当家品种部分主干和多年大枝按塑时针方向扭曲，还有较多的瘤状突起，其皮色呈灰色或灰黑色，较为粗糙，老皮翅起成瓦状剥离，剥皮后的枝干颜色呈灰白色或灰白，皮孔明显，生长较旺的植株易出现针刺状二次枝，停止生长后顶端转化为针刺。果实扁球形，果个大，一般单果重 340～630 g，最大者 1 520 g，果皮黄绿色，向阳面稍带红褐色，子粒粉红色或鲜红色，一果中有 8～12 个子室，室中有籽 431～842 粒。百粒质量 30～44 g，浆汁多，可溶性固体物 14%～15.5%，含糖 11%～16%，核较硬，采收期 9 月上中旬。

(2) 大红皮甜　果实呈扁圆球形，果肩齐，果皮水红色或鲜红色。向阳面纵向红线条明显，梗洼稍低，有明显的五棱。萼片 6 枚，绝大多数据为闭合或半开。一般单果重 310～500 g，最大者达 1 050 g，皮厚 3.1～5.1 mm，较软，每个果中有籽 523～868 粒，多者达 1 000 粒，百粒重为 20～38 g、子粒水红色，个别的是大红色，核较硬，含可溶性固体物 15%左右，含糖质量分数 11%～14.5%，味甜、初成熟时稍有涩味，如存防放几天后涩味消除，8 月上旬成熟，但成熟时遇雨易裂果，贮存时间短。

(3) 泰山红（又名蒙阳红）　山东地方良种，源于泰山脚下的农户。树势强健，适应性强，早果丰产。果大，平均单果重 330 g，最大单果重 750 g。鲜红色，皮薄，子粒大且肉厚，味甜。9 月下旬成熟，耐贮运，栽培时注意配置授粉树。

(4) 重瓣红石榴　重瓣红石榴也称复花石榴。树体较小，生长势较强，枝干直立而粗壮，皮灰色或灰白色，枝条青灰色。叶片较肥大。花红色，重瓣花瓣 51～97 片，大而艳丽，雌蕊大部分退化，花托较短。中型果，单果重 256～488 g。果皮较薄易开裂，淡红色。萼片 6～8 裂。每个果中有籽 452～880 粒，子粒红色半软，百粒重 21～34 g，味甜多汁，含糖量 9%～13%，品质中等。8 月下旬成熟。本品种花大果美，是食赏兼用的优良品种。

3. 草莓　草莓属蔷薇科草莓属，草莓属植物共约 50 种，分别起源于亚洲、欧洲、美洲。现有的栽培草莓种属凤梨草莓，是草莓属两个八倍体野生种（深红莓、智利莓）的后代。

(1) 丰香　日本品种，单粒重 10～15 g，大果率高。果实圆锥形，鲜红有光泽，外观艳丽；果肉细软致密，香味浓，风味酸甜适中，含中溶性固形物 11%，果实硬度较大，较耐贮运。休眠浅，

适于保护地促成栽培。

(2) 赛娃　山东农业大学自美国引进的四季大果草莓品种，平均单果重31.2 g，最大单果重138 g，味甜，可溶性固形物质量分数13.5%，能四季开花结果，较丰产，温室、露天栽培均可。

(3) 费几尼亚　西班牙引进品种，植株健壮，抗病，果实颜色深红诱人，果大，单果重50 g左右，酸甜稍酸，硬度大，耐运输，产量高，可多次形成花序，最高公顷产达45 t以上。休眠期短，早熟，适宜冬暖棚栽培，公顷栽苗150 000株左右。

4. 猕猴桃　属猕猴桃科猕猴桃属，种类繁多，目前供鲜食或加工的主要有中华猕猴桃、美味猕猴桃、软刺猕猴桃、狗枣猕猴桃、葛枣猕猴桃及毛花猕猴桃。其中最重要经济价值的是中华猕猴桃和美味猕猴桃。

(1) 海沃德(Hayward)　新西兰选育，是世界各国的主栽品种，果实宽椭圆形至阔长圆形，纵径6.4 cm，横径5.3 cm，窄径4.9 cm，单果重80～100 g，果皮绿褐色，毛被褐色，中等长度。果肉绿色，甜酸适度，香味浓郁，汁液中等多。可溶性固形物12%～18%，丰产性较差，成熟较晚。

(2) “B1”(“M51”)　是雌性系，开花期较长，花量较多，每个开花母枝有179朵花，可作为海沃德的授粉品种。近年来，又选出“M52”及“M56”等繁列雄性品种，并为世界上许多国家所引种，日本等国还从新西兰购买花粉，进行授粉。

(3) 秦美　即“周至111”。由陕西省果树研究所在陕西省周于县九峪公社前九峪大队回沟，970 m海拔生长的群体中选育，1986年鉴定命名，果实阔卵圆形，果皮黄绿色，较粗糙，有刺毛，但容易脱落。平均果重100 g，最大果重160 g，纵径6 cm，横径4.7 cm，侧径4.4 cm。果肉绿色，汁多，芳香，酸甜适口，可溶性固形物9%～10.2%，总酸1.69%，其中70 g以上的果实占93.5%。该品种目前已在陕西、北京等地大面积推广，作为商品生产基地。果实10月下旬到11月上旬成熟。

(4) 徐香　即徐州75－4。该品种果实圆柱形，果皮黄绿色，被褐色硬刺毛，平均果重75～110 g，最大果重137 g，纵径5.8 cm，横径5.1 cm，侧径4.8 cm，果肉绿色，汁液丰富，味酸甜适口，有浓香。可溶性固形物15.3%～19.8%，总糖12.1%，总酸1.42%，成熟期10月上旬。

(5) 周园1号　果实圆柱形，果皮黄褐色，毛多而细柔，果点小而密。果重110 g，最大果重220 g，果肉翠绿，汁多香浓，酸甜适口，可溶性固形物含量9.59，还原糖8.48%，酸1.36%，成熟期10月下旬前后。

(三) 生物学习性

1. 根　葡萄的根系按其来源分为两种类型：一种是由种子繁育出来的植株具有由胚根生长形成的实生根系；另一种是由枝条产生不定根而形成的茎源根系。用枝条繁育出来的葡萄植株没有垂的主根，只有枝条埋在地下部分形成的“根干”和各级侧根组成。

在空气湿度大、温度适宜的情况下，有些品种的枝蔓能发出气生根。易产生气生根的品种往往根系发达，树势较旺，扦插易生根葡萄的根衰老后发生新根的能力逐年减弱。但如果将老根截断，则恢复能力很强，在截断的伤口附近能发出大量新根。

一般情况下，根系垂直分布最密集的范围在20～80 cm的土层内。在旱地栽培情况下，吸收根分布最密集是在60～100 cm的土层内。沙地葡萄园地表干旱而温度过高，表层20 cm以内很少有根系的分布。在经济灌溉和施肥浅的葡萄园中，则根系分布靠近地表。在土层结构良好深厚的土壤中，葡萄根系分布可达12 m深。年周期中当根系在分布层的土温达到6～6.5 ℃时，欧

洲种葡萄的根系开始吸收水分和养分。山葡萄的根系在4.5～5.2℃开始活动，而美洲葡萄的根系在5～5.5℃开始活动。当土温上升到12～14℃时，欧洲种葡萄根生活费才开始生长，20℃左右时生长最旺。枝蔓的新鲜伤口出伤流，说明根系已开始活动。如果葡萄根系越冬时受冻害严重，则在芽萌动以前，往往不呈现伤流，或伤流期很短。

适宜条件下根系可周年生长。但一般在一年中有两次生长高峰。据北京农业大学的观察，龙眼从5月下旬开始有较明显的生长，从6月下旬到7月间达到一年中生长的最高峰。

2. 茎和芽

(1) 茎　葡萄的茎称为枝蔓，主要包括主干、主蔓、侧蔓、结果母蔓、新梢和副梢（图8－9）。

从地面发出的单一的树干称为主干，主干上的分枝称为主蔓，主蔓上的多年生分枝称为侧蔓。带有叶片的当年生枝称为新梢，着生果穗的新梢称为果会，不具有果穗的新梢称为生长枝。新梢叶腋中由夏芽发出的二次生长枝称为夏芽副梢，由冬芽发出的二次枝称为冬芽副梢。

新梢到秋季落叶后至次年萌芽称为一年生枝。如其节上着生花芽，则次年春可抽生结果枝，故此一年生枝又称为结果母枝蔓。

葡萄新梢节上着生叶片，叶片互生，叶腋内着生芽眼，叶片的对面着生卷须或果穗。

(2) 芽　葡萄新梢的叶腋内存在两种芽，即冬芽和夏芽。

冬芽外被鳞片，一般需至次年春季才能萌芽，故称为冬芽。但对主梢摘心和抹除副梢后，也能刺激冬芽当年萌发抽生冬芽副梢。冬芽是几个芽的复合体，称为芽眼。冬芽内位于中央最大的一个芽称为主芽（中央芽），其周围有3～8个预备芽（副芽）。

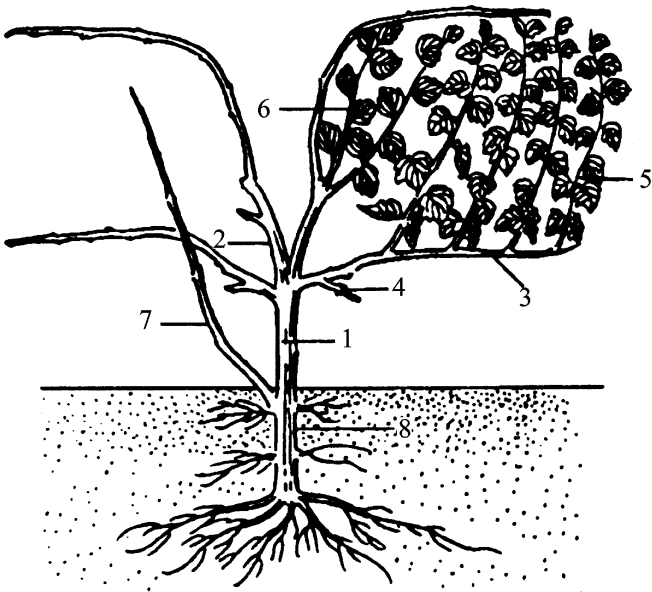


图8－9　葡萄植株各部分的名称
1. 主干　2. 主蔓　3. 结果母枝　4. 预备枝
5. 结果枝　6. 生长枝　7. 萌蘖　8. 根干

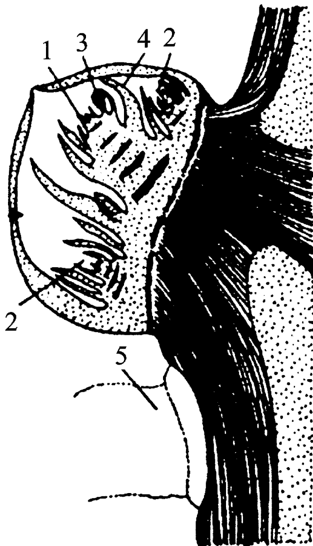


图8－10　葡萄的冬芽
1. 主芽　2. 后备芽　3. 花序原基
4. 叶原基　5. 已脱落的叶柄

葡萄的花芽是混合芽。副芽在营养条件好时，也能形成花序原基，但质量较差（图8－10）。

有时主芽与副芽都能萌发，使一个芽眼中长出2～3个新梢，好成为双生枝或三生枝。

夏芽是裸芽，随着新梢的生长，叶腋中的夏芽即自然萌发成为夏芽副梢。

在营养条件适宜的情况下，通过对新梢摘心，短期内能促使嗄芽形成花芽，故生产上常利用这种副梢来结二次果，以增加产量。

葡萄的潜伏芽实际上是没有萌发的、暂时隐顾于多年生蔓皮层内的主芽和副芽。当枝蔓受到损害和刺激时，它就萌发为新梢。

冬芽花芽分化期从 5 月份开始（开花期前后），主要的分化期是 6—7 月，新梢上靠近下疗的冬芽开始花芽分化。随着梢的延长，各节的冬芽一般是从下而上逐渐开始分化，但最基部的 1～3 节上的冬芽开始分化稍迟。

夏芽萌发的副梢花序是在夏芽萌发时开始分化的，因为形成的时间短，花序常较小。新梢摘心，对夏芽有刺激花芽分化形成的作用。

葡萄的花芽在结果母枝上，一般自基部第 3～12 节能形成花芽，但品种间有差异。

3. 叶　葡萄的叶片形状变化较大，多具有 3～5 个裂片，具较长的叶柄和较大的叶片。叶互生，二片托叶着生于叶柄基部，叶片展开时即行脱落，叶片的大小、形状、颜色、裂刻的形状、深浅、叶柄洼的形状，叶片茸毛等都是鉴别品种的重要标志。

4. 花序和卷须　葡萄的花序和卷须是同源器官，都是茎的变态（图 8－11）。

(1) 花序　葡萄的花序是复总状花状或圆锥花序。花序是由花序梗、花序轴、花梗和花蕾组成。花序的中轴叫花序轴，其上有 2～5 级轴。花序轴从着生的果枝起到花序分枝这一段叫花序梗（以后变成穗梗）。有的花序还有副穗。

花序一般分布在果枝的第 4～7 节。欧亚种一般自第 3～5 节起着生花序，每个果枝一般有花序 1～2 个。美洲种群的品种一般自第 4～6 节起连续着生花序，多者达 6～7 个花序，但花序较小。每个花序的花蕾数因品种和树势不同而异。一个花序上有 200～1 500 个，最多达 2 500 个。

葡萄大多数栽培品种是完全花，一般都可以自花授粉，但有的品种异花授粉坐果率高。栽增品种有雌能花品种，如罗也尔玫瑰、白鸡心等。它们的雄蕊较短，向下弯曲，花粉发育不正常，没有发芽受精能力，对这类品种要注意配置授粉品种。野生葡萄，如东北山葡萄则多数是雌雄异株，在不同的单株上着生雄能花或雌能花，在栽培雌花类型时，要注意配置完全花类型的植株或配置少量的雄能花的植株做授粉之用。



图 8－11　葡萄的结果枝
1. 结果母枝　2. 结果枝　3. 冬芽
4. 节间　5. 副梢　6. 叶片
7. 卷须　8. 花序

葡萄的花冠呈帽状，开花时花冠基部呈片状裂开，由下向上卷起而脱落。有的品种有时花冠不裂开即在花冠内自花授粉，这种现象叫“闭花受精”。

葡萄的花朵里有雌蕊一个，子房二室，每室有 2 个胚珠，每个胚珠受粉后形成一粒种子，故每个浆果内有 1～4 粒种子。

(2) 卷须　其主要功能是缠绕他物，固定枝蔓。卷须在新梢上着生的方式随种类而不同。欧洲种为间歇性，即着生两节卷须之后间隔一节不着生卷须，而美洲种则为连续着生。在栽培上为了管理方便，节省养分，应及时摘除卷须。

5. 开花　从开花始到开花终称为开花期，一般需 5～14 d。葡萄从萌芽到开花一般需经 6～9 周。间隔时间的长短与气候条件，尤其是温度关系密切，一般昼夜平均温度到 20 ℃时，葡萄开始开花，在 15 ℃以下时开花很少，20 ℃以上时开花是迅速增加。

我国东北山葡萄及其杂种后代开花比欧亚种早 10 d 左右。美洲种及春杂交种后代比欧亚品种早 5 d左右。每天上午 6—11 时为盛开期，而以 7—9 时最盛。同一株上，位于新梢下部的花序先开。同一花序中下部花轴上的花先开，尖端最晚开放，在盛花期后 9 d 左右为落果高峰。树势衰弱，新梢徒长，花期在阴雨、低温条件下均会影响正常授粉受精，造成大量落花落果。花期过分干旱，尤其遇到旱风，花冠难落，常常引起“闭花受精”。这对雌能花类型的品种尤为不利，能引起大量落花落果。花期如果大量灌水引起梢叶旺长也会造成大量落花落果。

6. 浆果生长　从落花后到浆果成熟前为浆果生长期。葡萄开花后，一些子房由于发育不正常，授粉受精不良或因营养不足而陆续脱落。更主要的是养分不足而引起幼果大量的脱落。随后，由于同样的原因，造成幼果的种子不能正常发育 (即胚珠败育)，引起果粒不能正常生长而成为“小果” (即豆果)。后期，浆果由于细胞体积显著增大，生长迅速。这时细胞壁变得很薄，细胞液含较多的酸和较少的糖，浆果可达到该品种固有的大小，但果皮仍为绿色。在结果较多的情况下，有发生“小红粒”的危险。所以在这个时期应适当的剪梢、疏枝、除卷须，改善通风透光条件，增加有效叶面积。除重施磷、钾肥之外，还要适量的追施氮肥和灌水，改善浆果的营养，提高产量和品质。同时在雨季要做好排水、防涝工作 (表 8—9)。

表 8—9　浆果类果树主要生物学习性比较

树种	葡萄	草莓	猕猴桃	石榴
根系	肉质，髓射线发达，易产生不定根为深根树种一年有两次生长高峰	由不定根组成加粗生长较少，分布浅，寿命短生根部位易上移	根系发达，须根特发达而密 实生苗主根不发达，侧根扭曲生长	根为黄褐色、生长强，易生根蘖
茎	包括主干、主蔓、侧蔓新梢付梢，其茎细而工、髓大，攀缘生长	有新茎、根状匍匐茎、花茎和匍匐茎，根状茎贮藏营养	新梢青褐色，被茸毛，三年生枝紫褐色有疏毛、老枝灰褐、无毛或不皮孔大、枝髓大	枝细、先端有针刺、长枝和徒长枝多自枯无顶，短枝顶可抽生果枝，徒长枝易发生二、三次枝
叶	叶互生、叶对面着生卷须或果穗，一般具 3～5 裂片	为三出复叶，下有叶鞘，寿命长	叶背密生茸毛，叶基圆形或心脏形。形状多弯	叶为对生或从生、质厚、呈披针形或倒卵形
芽	有冬芽和夏芽。冬芽又分主芽和后备芽。通常只主芽萌发	叶芽具早熟性，可萌发新茎分枝或成为匍匐茎	具叶芽和混合花芽	有叶芽、混合芽
花芽类别	混合花芽	同葡萄	同葡萄	同葡萄
着生部位	腋花	同葡萄	同葡萄	顶端或腋部
花	大多为两性花 有部分具雌能花或雄能花	为两性花，有一些是雌能花或雌性花	单性，雄雌异株	为两性花
开花习性	温度影响大，一般花期 6～10 d，始花后 2～3 d进入盛花	开始 4 月中下旬，花期持续 20 d 左右，往往第一朵花已熟，最末的花还正开	一般 4 月下至 5 月上旬，雄株花比雌株长 3～5 d	自春至夏陆续开花，花期长可达 2～3 个月

续表

树种	葡萄	草莓	猕猴桃	石榴
果实发育	分三个时期：生长初期，生长速度减缓期、浆果的最后膨大期	果实发育期长约1个月，成熟期需20 d	果实膨大与新梢生长交替进行，前期新梢长势慢和后期停长各一次膨大期	分三个时期：幼果期，缓长期，转色期，生长曲线呈单S型

高东升，1997。

二、栽培技术

(一) 育苗

葡萄育苗通常采用扦插、退接、压条三种繁殖方法。下面介绍扦插育苗。

1. 插条的采集和贮藏　目前生产上，硬枝扦插繁殖用的插条，通常都是在冬季修剪时，选择生长健壮、无病害、充分成熟、芽眼饱满的一年生枝作为插条。采集时，要把插条剪成6～8节长，每捆50～100条，标明品种、数量、采集时间和地点。在上冻前，选择地势高燥、背阴、地下水位较低的地方挖窖或挖沟贮藏。贮藏时先在窖底或沟底铺5～10 cm厚的湿沙，再将捆好的插条平放(或立放)，然后盖上一层湿沙，其上再放一层插条。如此反复层积，距沟顶20～30 cm为止，上面再覆15 cm厚的湿河沙，最后在其上再覆土高山地面15 cm左右或不覆土在沟上搭一窖盖便可。贮藏量大时，还要留气眼，防止温度过高。插条贮藏时，只能用河沙，不能用黏土，否则容易使插条霉坏。

2. 插条的剪截、浸泡和生长素处理　在春季扦插前，将贮藏的葡萄插条取出，选择芽眼完好，皮色新鲜的按15～20 cm长剪截，剪留2～3个芽眼，在插条上端距芽眼上1 cm处横向平剪，在其下端距芽眼下0.5 cm处斜剪成马蹄形。

将剪好的插条每30～50根捆成一捆，置入清水中浸泡12～24 h，使插条吸足水分。对于不易发根的葡萄品种，如山葡萄、北醇等品种的插条，不用清水浸泡而用萘乙酸钠(或萘乙酸)溶解(50～100 mg/kg)或用吲哚丁酸50～100 mg/kg溶液处理，促进生根。处理时把插条基部墩齐，浸入配制好的溶液中2～4 cm，12～24 h后取出，便可扦插或催根。

3. 插条的催根处理　欧亚种群葡萄的日平均气温达10 ℃左右时开始萌芽，而插条生根的适宜温度为25～30 ℃。在春季进行露地扦插时，气温高于地温，会导致插条先发芽后生根，造成水分、营养供不应求，使插条枯死。因此，目前多采用催根处理。可用火炕催根法、电热温床催根法、阳畦催根法等。对葡萄插条的催根处理，一般在扦插前15～20 d进行。

下面以阳畦催根法为例进行说明：

阳畦催根法　选地势较高、背风向阳的地方建畦。畦宽120 cm，东西长根据插条多少决定，深60 cm，阳畦北面和东面两侧，各筑土堰。北面土堰高50 cm，南面略高于地面。阳畦底部修平，铺沙10 cm厚，然后将每捆条基部墩齐，倒放阳畦内。捆与捆之间填湿沙，插条基部露出湿沙2 cm，再盖5 cm左右厚的湿锯末，喷适量的水，然后扣盖塑料薄膜，晚上盖草帘保温。

4. 扦插技术　葡萄苗圃地宜选择地势平坦，土层较厚，土质肥沃的沙壤土和有灌溉条件的地方。

苗圃地在扦插前要进行深耕25 cm左右,同时施入腐熟的有机肥料,把地整平整细,做成畦或垄。插前应灌水,使土壤湿润松软,便于扦插。当扦插深度20 cm左右的土温达到10 ℃以上(催根处理的插条在12 ℃以上时扦插)时,进行扦插。

根据各地雨量多少和地下水位高低不同,而分为畦插和垄插两种方法。

畦插时,畦宽1 m,长5～6 m,株距10 cm,行距25 cm,每畦插45行。垄插时,垄距40～50 cm,垄高15～20 cm。

5. 扦插后的管理　追肥、灌水。为防止插条抽干,提高成活率,扦插后要保持土壤湿润,干旱时要进行灌溉。但是为了提高地温,如果土壤不太干旱,在插条发芽前,一般不进行灌水。发芽后,可根据土壤温度情况,进行灌水。雨季要注意排涝。6月中旬,为促进幼苗迅速生长,可追施大粪水、复合肥、磷酸铵等。必要时,7月中、下旬,可进行第二次追肥。这次追肥以磷钾肥(过磷酸钙、草木灰等)为主,每次追肥要结合灌水。8月上、中旬可喷0.3%的磷酸二氢钾1～2次,促进新梢成熟。插后应及时中耕除草,以免草苗齐长,影响苗木生长。

搭架和夏季修剪。为了培养壮苗,在苗木长到4 cm左右高时,最好能给苗木搭成简易的支架,有利于通风透光,确保苗木生长良好。

为了集中养分,促进主梢的生长,要及时抹除副梢和摘除卷须。在8月下旬到9月上旬,要进行主梢摘心,使苗木枝条粗壮。

(二) 栽植

大部分葡萄园多采用直行或栽植。我国北方各省一般以春植为主,当日平均温度达到10 ℃左右时即可栽植。栽植株行距大小要依品种、冬季埋土防寒、耕作管理技术、是否机械作业而确定。

(三) 葡萄的架式

葡萄是一种多年生蔓性植物,枝蔓细长而柔软,因而在生产上必须设立支架。葡萄的架式大体可分为篱架和棚架两大类。

1. 篱架(立架)　主要用于生长势中等或较弱的品种。按栽植行设立柱,主柱间距4～6 m,架高1.5～2 m,在垂直架面上拉3～4道铁丝,每道铁丝的间距为40～50 cm。为了增加架面,在立柱顶端可设0.8～1 m长的横杆,组成“T”字形。篱架的主要优点是架面光照和通风条件良好,有利于浆果品种质的提高;进行田间管理、土壤耕作、修剪、病虫害防治、采收和防寒等均较方便;此外,还便于机械化操作,便于密植,以达到早期丰产。采用篱架栽培,应南北走向,使植株受光均匀。

2. 棚架　在垂直的主柱上架设横梁,横梁上牵引铁丝,形成一个水平或倾斜状的棚面,葡萄枝蔓分布在棚面上,故称为棚架。这种架式在我国应用的历史最悠久,分布也很广泛,在平地、丘陵地或庭院内均可采用。

(四) 整形修剪

1. 整形　葡萄树形的种类很多,现简要介绍以下2种。

(1) 多主蔓扇形　主蔓通常具有3～4个,由基部一直伸向架顶,每个主蔓相距40～50 cm,均匀分布于架面上。整枝方法是在苗木定植的当年留2～3个主蔓,冬剪时留1～2个生长充实的长蔓(蔓粗0.8 cm,可留50～80 cm),使其继续向前生长。另一个较弱的蔓留2～3节短截,第二年再从中培养1～2个主蔓。一般两年完成整形。此种整枝方式适用于稿架栽培。

(2) 龙干形　可分为一条龙式和两条龙式。一条龙式是在干旱缺肥的条件下，为控制植株负载量，加强根系发育而创造的一种独干棚架栽培方法。定植第一年冬剪时，由基部将枝蔓剪去；第二年留一个主蔓重新延长生长，蔓长达 7～8 m 时，整形基本完成。由于只有一个主蔓，故不易更新，结果枝少，产量较低，主蔓年龄大时常有“瞎眼”出现。

2. 修剪　整形完成后，修剪的目的在于继续维持良好的树形，以便于进行各项管理工作通过修剪，使结果母枝分布合理，以充分发挥其结果潜力。每年还要根据树势、结果母枝质量，合理确定结果母枝长度和每株留芽量，使生长和结果保持相对平衡。

(1) 冬季修剪　在冬季埋土防寒区，一般在秋季落叶后即进行修剪，以便于及时下架防寒。结果母枝的修剪长度，应根据具体条件来确定。如品种特性、整枝形式、栽培管理条件等。无核白品种结果母枝基部芽眼不能形成发芽，故不能短梢修剪。玫瑰香、白香蕉等品种枝条基部芽眼可以抽发较多的结果枝，可采用短梢修剪。土质瘠薄、肥料不足的干旱区，以短梢修剪为宜；生长强旺结果母枝少的植株留梢要长些，枝蔓粗壮且成熟度又好的留梢宜长，枝条较细但基部芽眼较充实的可以短留。

在采用中、长梢修剪时，为了控制结果部位的外移和保证每年获得质量较好的结果母枝，一般都采用双枝更新的修剪方法。即在中、长梢完成结果任务后，冬剪时在预备枝的上方剪除。预备枝上发出的 2 个新梢，靠上位的仍按、长梢进行修剪，下位的仍剪留 2 个芽作为预备枝。短梢修剪则不需另外预备枝，短梢本身既可起到结果母枝的作用，又可起到预备枝的作用。但在每年冬季修剪时仍应尽可能选留靠近主蔓的梢作为短梢结果母枝，使结果部位不致外移。当枝组基轴过长时，宜及时利用下部潜伏芽发出的新梢进行回缩更新，使结果部位不致远离主蔓。

(2) 夏季修剪

① 抹芽和疏枝　在新梢长 10 cm 以下时抹去嫩梢称为抹芽，10 cm 以上时称为疏枝。由于冬剪时留芽数比需要保留的新梢数要多，因此，在夏季必须抹去一部位过密和无用的新梢，以保证架面通风透良好和合理的密植负担。

当嫩梢长到 5～10 cm 左右时，可看出新梢上有无花序和花序的质量。这时可将多余的发育枝、多年生枝干及根干上发出的隐芽枝以及过密过弱的嫩梢抹法。同一芽眼上如出现 2～3 个嫩梢，只需留下一个最健壮的主梢，将后发出的嫩梢及早抹去。待新梢长到 15～20 cm 时，再进行一次疏枝（定枝）工作，根据架面大小和树势强弱最后确定留枝数量。棚架每平方米加面一般可留 15～20 个新梢；单壁篱架新梢垂直引缚时每隔 10 cm 左右留一个新梢；双壁离架 15 cm 左右留一个新梢。

抹芽和疏枝在原则上是保留结果枝，去掉过多的发育枝。结果枝与发育枝之比一般认为以（1～2）∶1 为合适。抹芽与疏枝完全愈早，对节省树体营养愈有利。

② 结果枝摘心　在开花前将结果支顶端摘去 5～10 cm 称为摘心。摘心可暂时中止结果枝的加长生长，使树体内用于新梢生长的营养物质转向花序，从而提高坐果率和产量。

结果枝摘心的最适宜时期以开花前 5～6 d 至始花期较为适宜。对坐果率高的品种（如黑汉），为了不使果穗上的果粒过于密挤而变形，宜推迟在花后摘心。结果枝摘心的程度为花序以上（不包括着生花序的节）留 4～6 片叶摘心较为适宜。

③ 副梢处理　对于副梢的处理一般可有两种方法。一是结果枝上只留顶端 1 个副梢（包括花序对面的副梢）每次留 1 片叶反复摘心。副梢摘心可以避免架面郁闭，影响通风透光和造成树

体养分的浪费。但是必须保留一定的叶面积。一般认为每个结果枝上需要保持14～20个正常大小的叶片，留叶数可以根据结果枝上着生果穗数量和大小加以增减。

④ 剪梢　将新顶端过长部分剪去30 cm以上称为剪梢，一般多在7—8月间进行。目的在于改善植株内部和下部的光照和通风条件，促使新梢和果穗能更好的成熟。剪梢时间不可过早过晚。过早反而会引起新梢再次生长，过晚则效果不明显。也不可过重，否则减少了维持正常生长和结果的叶片数，会降低浆果品质。

⑤ 疏花序与掐花序尖　在结果枝长度达到2 cm至开花前均可进行疏花序。根据树势和结果枝强弱疏去过多花序，提高了叶果比，留下的花序可得到更多的营养，而使果穗质量得到保证。对一般生食品种每一结果枝留1穗，壮枝也可留2穗。

在开花前一周左右将花序顶端用手掐去1/4或1/5左右为掐花序尖。花序上的花蕾数减少后，可使果穗较紧凑，果粒大小较整齐。对易落花落果品种，如玫瑰香等，效果更明显。

⑥ 除卷须与新梢引缚　结合各项夏季修剪工作要随时除掉卷须，以防新梢在架面混乱给管理操作带来不便，当新梢长到40 cm左右时，即需引缚在架面上，以利于通风透光和避免被风折断。

(五) 肥水管理

葡萄施肥可分基肥和追肥两种方式。基肥的施肥时间大致在采收前后，早施入有利于养分分解和被根系吸收。施肥量的确定可参考当年植株生长结果表现。一般篱架成年树每株可施土粪100～125 kg、硫铵1 kg、过磷酸钙1.0～1.5 kg，草木灰1.5～2 kg，株行距小的可酌减。棚架成年树每株可施土粪100～150 kg、硫铵1～1.5 kg、过磷酸钙1～1.5 kg、草木灰1～2.5 kg。幼龄树每株施土粪15～25 kg、硫铵100～250 g、过磷酸钙150～250 g、草木灰1～2.5 kg。基肥施肥方法可采用畦面两侧深沟施。

追肥全年可分4次进行，即萌芽前、开花前、落后和浆果迅速膨大期间。前期以氮、磷肥为主，成熟前以钾肥为主。采收后可结合施基肥追加氮肥。追肥的施有方法可用浅施或撒于畦面后灌水，另外也可进行根外喷洒。

灌水可结合施肥进行，在新梢迅速生长期和浆果迅速膨大期要特别注意对水分的需求。落叶后、上冻前应灌冻水一次。全年灌水大至5～7次。有条件的地区可采用喷灌或滴灌。雨季要进行排水。

(六) 其他管理

1. 冬季防寒　我国北方大部分地区葡萄越冬时需要进行埋土防寒。常见的防寒方法有两种：一为地上实埋防寒法，即将枝蔓压倒顺着行向平放在地面上，用草绳捆成一束，然后直接用土覆盖。在比较寒冷的地区，可在枝蔓上先盖一层有机物(高粱秸、玉米秸或其他不易腐烂而充分干燥的有机物)，然后再覆土。覆土时土块要打碎盖严，不使透风，取土部位尽可能离植株远些，以减轻根系冻害;第二个方法为地下实埋防寒法，即在株间或行间挖临时性沟，沟的大小以放入枝蔓为度，将捆好的枝蔓放入沟内，然后覆土。

埋土防寒时间通常在冬剪后至土壤封冻前。防寒土堆的尺寸，在北京地区宽0.8～1 m，高出枝蔓以上20 cm左右为宜，应根据各地气候酌情增减。

2. 出土上架　葡萄在树液开始流动后至芽眼膨大以前，必须撤除防寒土，并及时上架。出土过早根系未开始活动，枝芽易被风抽干;过晚则芽眼在土中萌发，出土上架时易受到损伤。各

地的出土时间，山东半岛大致在3月上中旬；北京、旅大地区在3月底至4月上旬；东北中北部地区在4月下旬至5月上旬。出土可分两次完成，第一次先撤去一半左右，第二次全部撤完。

（七）设施栽培

1．品种选择　适宜设施栽培的葡萄品种包括京秀、京亚、8611、巨丰、红双味、矢富罗莎、大粒六月紫等。

2．建园

园地选择　所选园地首先要交通便利，利于市场流通，最好靠近交通干线、大中城市、厂矿企业；地势高亢、不积水、雨季地下水位不高于80～100 cm，背风向阳，四周无遮荫严重的高大建筑物或树木，排灌便利；土壤类型以疏松的沙壤土或壤土为好，不用重茬地、盐碱地和黏土地。

土壤改良　对粘重或砂性较强的土壤掺砂或掺粘改良，打破地下不透水的粘板层和淤泥层。改良的重点是增施有机肥，结合土壤深翻，每666.7 m^2 施入优质腐熟厩肥6 000～8 000 kg或腐熟鸡粪3 000～4 000 kg，有机肥所含养分全面、比例合理，更重要的是能改善土壤结构，促进土壤团粒结构的形成，构建协调的水肥气热环境，有利于果树根系、尤其是吸收根发生，而且大量使用有机肥能增强土壤的缓冲能力，预防土壤盐渍化的发生。

定植密度　一般采用等行距栽植，株行距0.5～1.0 m×1～2 m，或双行带状栽植，株距0.5 m，窄行距0.5 m，宽行距1～2.5 m。一栽多年制定植密度适当降低，一般每666.7 m^2 定植330～550株。

栽植模式　挖定植沟，沟宽1 m，深0.8 m，土壤板结时应适当加深，表土与底土分放，回填时先将表土和足量腐熟有机肥混匀填入，后填底土。浇水沉实，在定植沟内挖栽植穴，栽后浇透水，再培土，然后覆盖地膜。

3．育壮促花

⑴ 肥水管理　苗木定植后于五月底浇一次水，其他时间根据土壤墒情酌情浇水。5月下旬至7月上旬，每株追施尿素25 g，7月下旬每株追施尿素50 g，每次追肥都须结合浇水。进入8月份，可酌施磷钾肥，促进花芽分化。

⑵ 早摘心促生健壮副梢　在正常管理条件下，新梢长到20～30 cm时就要摘心，促使基部副梢萌发，利用副梢整形，同时培养结果母枝。副梢萌发后，根据生长强弱和栽植密度，选留2～4个，其他的疏除或及时摘心控长。当选留的新梢长到60～100 cm时摘心，其上的二次副稍留1～2片摘心。

⑶ 立架绑蔓　及时引缚枝蔓，以控制枝蔓的长势。

4．设施类型选择　适宜设施葡萄栽培的设施类型主要包括塑料薄膜日光温室（用于冬季促成栽培），或塑料大棚（用于春季促成栽培或秋季延迟栽培）。

5．扣棚前管理

⑴ 施基肥、浇越冬水　9月下旬至10月份集中一次施足基肥，以有机肥为主，外加适量速效肥，每666.7 m^2 施腐熟有机肥4 000～5 000 kg、硫酸钾50 kg和硫酸二铵50 kg，充足的有机肥，既可很好满足葡萄生长发育所需的矿质元素，又可改善土壤理化性状，更重要的是有机肥在分解过程中能产生大量的二氧化碳，补充温室内二氧化碳的不足。越冬前要浇一遍透水。

⑵ 冬剪　自然落叶后2～3周进行，根据植株生长情况，因树势修剪。长势强旺的，可进行长梢修剪，早占满空间增加前期枝量。长势中庸的健壮枝蔓，可进行中梢修剪，留30～50 cm长，

以壮芽当头。生长衰弱，枝蔓少而纤细的植株，可进行重短截，只留近地面的3～5个芽。

6. 人工破眠

(1) 人工低温集中预冷　深秋夜间平均气温低于10 ℃时扣棚，白天盖草苫降温，晚上开苫通风，创造0～7.2 ℃的低温环境，约一个月时间。提早满足葡萄需冷量，可提早扣棚。

(2) 石灰氮处理　将1 kg石灰氮和5 kg 40～50 ℃温水放入塑料桶中，不停搅拌成均匀糊状，防止结块，用前加少量粘着剂或土温－20，用海绵、棉球等沾药涂抹枝蔓芽体，涂抹后将葡萄枝蔓顺行贴到地面盖塑料薄膜保温保湿。能提前20～25 d发芽。

7. 棚内管理

(1) 环境调控

保温开始期的确定　根据品种需冷量确定，如巨峰葡萄在山东地区于12月下旬完成自然休眠，可以扣棚升温。

温湿度调控　设施内葡萄各生育期温湿度控制范围可参考下表。初期升温后，由3～5 d的全盖帘时期，待地面完全解冻，植株经过自然预备阶段后开始揭帘升温。花前期，白天温度可迅速提高到23～25 ℃，超过25 ℃后应小放顶风，夜间维持在7～8 ℃。花期前后，白天温度以25～28 ℃为宜，超过30 ℃时及时放风。夜温维持在14 ℃以上。成熟期白天温度以32 ℃为限，注意放风降温。开花期湿度管理较为关键。花期相对湿度较低有利于花粉散发，但过于干燥，又易出现花冠不开裂脱落而干枯在花蕾上的现象，以60%～65%为宜（表8－10）。

表8－10　设施内葡萄各生育期适宜温湿度范围

生育期	温度/℃ 白天	温度/℃ 夜间	相对湿度/%
萌芽期	23～25	7～8	70～80
花期	25～28	14左右	60～65
果实膨大期	28～30	15～17	＜70
果实近成熟	28～32	15～17	60～65

高东升，1996。

(2) 肥水管理　葡萄早春生长初期是花序增大的关键时期，此期营养物质供应充足与否，直接关系到当年果穗的大小，因此，扣棚后须及时搞好前期速效肥供应。芽萌动期每666.7 m^2追施三元复合肥50 kg、尿素和二铵各25 kg。花前叶面补肥2～3次（主要是尿素、叶面复合肥、光合微肥等），花后结合浇水每666.7 m^2施尿素50 kg。四月下旬至五月上旬，每666.7 m^2追施硫酸钾50 kg一次。花后至浆果膨大期，叶面喷施稀土微肥和光合微肥2～3次。

扣棚解冻后浇一次小水，随即用地膜封闭地面，既可提高低温，又可防止水汽上升，增加棚内空气湿度，要求覆膜细致、全面，尽最大限度覆盖。等到全园95%谢花完毕时，浇花后第一次水，隔20 d左右浇第二次，最后在浆果变软前再浇一次。

(3) 花果管理　花果管理的主要任务是加强授粉和疏花疏果，其次是促进着色与成熟。

促进果实着色和成熟　摘叶和疏梢改善光照。浆果开始着色时，摘掉新梢基部的部分老叶和疏除部分遮盖果穗的无用新梢，改善透光条件，可促进果实着色。着色期保持15 ℃左右的昼夜温差，有利于促进着色及成熟。

8. 防止保护地葡萄隔年结果技术　留副梢修剪法和重截法相结合是克服葡萄不能连年丰产、解决保护地葡萄隔年结果难题的技术关键。

(1) 夏剪　重点培养结果后的副梢。其一是揭膜后将已结果的枝蔓拉平降低位置,留先端的1～2个夏芽副梢,抬高位置直立引缚培养,如一次副梢叶片不足的(一般2～4片),可用二次梢补充,8～10片叶时摘心,控制生长,充实下部腋芽,留作翌年结果母蔓;其二是将当年已结果但位置偏高偏远的枝蔓,揭膜后留2～3芽进行重短截,促发冬芽形成新梢,待该梢长至8～10片叶时摘心,充实其下的腋芽留作翌年的结果母蔓。

(2) 冬剪　落叶后进行,视新梢发育程度进行短截。拉梢留副梢的枝条,一般留2～5芽短截,架面空间大、粗度0.7 cm以上的可留长些,细弱的一般留短些(2～3芽)。通过重短截培养的结果母蔓,冬剪时可视情况留长些(接近常规修剪的5～7芽)。

第四节　坚果类

一、概况

(一) 生产概况

落叶果树中,坚果类通常包括核桃(普通核桃、山核桃、长山核桃)、板栗、扁桃及银杏等树种,其果实含水量低,含丰富的淀粉或蛋白质、脂肪等物质,营养价值高,果品耐贮耐运。这类果树大多根系发达,抗干旱耐瘠薄,适应性强,在山荒地开发利用方面具有独特的优势。因此,坚果类果树又被称为"铁杆庄稼"。

作为林业果树,坚果类果树在我国分布广泛,是世界坚果类果品的主产地。2000年,我国核桃产量为309.88 kt,其中云南最高为68.79 kt,其次是山西46.99 kt,陕西、四川、河北均超过30.0 kt。板栗目前产量为598.19 kt,山东居第一位为146.84 kt,河南为85.65 kt,湖北为70.82 kt。

(二) 优良良种

1. 板栗　栗为壳斗科栗属植物。本属有8个种可供食用,主要栽培种有板栗、日本栗和欧洲栗。板栗原产于我国,下面以表简介我国的一些优良板栗品种(表8-11)。

表8-11　板栗优良品种

种类	品种	原产地	坚果皮色	单果重/g	肉质	含糖/%	成熟期	抗性	丰产性	品质	备注
北方果	燕山红栗	北京	红棕	7～8	糯性	20.25	9月下旬	强	好	极上	适于山区
	燕冒栗	北京	红褐	7～8	糯性	21.68	9月下旬	中	好	极上	适于山区
	银丰栗	北京	—	6.5～7.0	糯性	21.17	9月下旬	—	好	极上	适于山区
	大叶栗	河北	深褐	8	糯性	20.57	9月底	强	中	极上	适于密植
	红光栗	山东	漆褐鲜艳	9.5	糯性	14.4	10月中旬	强	中	中上	抗白粉病及象鼻虫

续表

种类	品种	原产地	坚果皮色	单果重/g	肉质	含糖/%	成熟期	抗性	丰产性	品质	备注
北方果	金丰栗	山东	红褐	8	甜糯	16.8	9月下旬	中	中	中上	不耐瘠薄
	燕魁栗	河北	棕褐	9~10.5	糯性	21.12	9月中旬	强	好	极上	适于山区
	早丰栗	河北	褐	8	细腻	19.67	9月上旬	强	好	上	肥水需充足
	红油皮栗	河北	红褐	8.3	—	—	白露秋分	强	发	上	
	猪腰栗	—	深红	10~12.5	硬	—	9月下旬	—	好	上	
南方果	九家种	江苏	赤褐	12.2	甜糯	11.58	9月下旬	较强	好	上中	宜炒食或菜用
	焦礼	江苏	赤褐	23.7	红腻甜	11.33	9月底	较强	中	上中	耐贮藏
	尖顶油栗	山东	紫红	10.8	甜糯	22.41	—	强	好	极上	炒食
	魁栗	浙江	赤褐	17.8	粳性	7.9	9月下旬	中	好	下	菜用
	毛板红	浙江	暗红	15.2	粳性	8	—	中	好	下	菜用
	处署红	安徽	紫褐	16.5	细腻	12.6	8月下~9月上	强	好	中	菜用
	大红袍	安徽	红褐	18	—	9.9	9月下旬	强	好	下	—
	叶里藏	安徽	紫褐	19	—	—	9月中旬	中	好	中上	—
	早栗	湖北	赤褐	25.6	—	—	9月上旬	强	好	中上	—
	中果红油栗	广西	红褐	13.4	糯	—	—	强	好	上	—

辛培刚，1999。

2. 核桃　核桃属于核桃科核桃属。我国原产和引进栽培的共计9个种，其中生产上栽培最广泛的种有普通核桃和铁核桃。现将核桃优良品种简介如表（表8－12）。

表8－12　核桃优良品种

品种	原产地	花期类型	果形	单果重/g	出仁率/%	壳厚度/mm	抗逆性	树势	丰产性	品质	备注
纸皮1号	山西	雄先型	长圆	11	66.5	0.9	强	较强	好	上	晚实型
北京746	北京	—	圆	12	55	1.2	强	中	好	上	晚实型
礼品2号	辽宁	雌先型	—	13.3	70.3	0.54	强	中	好	上	晚实型
薄壳香	北京	雌雄同期	长圆	12	60~65	1.0	强	强	好	上	早实型
丰产纸皮	新疆	—	圆或扁圆	—	65~70	0.3~0.5	强	中	极好	极上	早实型
北京861	北京	雌先型	长圆	10	67	0.9	强	中偏强	好	上	早实型
辽核1号	辽宁	雄先型	圆	10	56~60	0.9	强	强	好	上	早实型
字核3号	辽宁	雄先型	长圆	9.5~11.0	55~59	1.0	强	中	好	上	早实型

续表

品种	原产地	花期类型	果形	单果重/g	出仁率/%	壳厚度/mm	抗逆性	树势	丰产性	品质	备注
陕核1号	陕西	雌先型	近圆	—	62	—	强	较弱	好	上	早实型
中林5号	北京	雌先型	圆形	10	60	—	强	中	好	上	早实型
香玲	泰安	雌先型	长椭圆	9.5～15.4	53～61.2	—	较强	中	好	上	早实型
丰辉	泰安	—	椭圆	—	54	—	较强	较强	好	上	早实型
鲁光	泰安	雄先型	卵圆	16.7	56～62	1.1	强	较强	好	上	早实型
扎343	新疆	雄先型	椭圆或卵圆	15.9	52	1.2	中	强	好	上	早实型

辛培刚,1999。

3. 银杏　银杏属于银杏科银杏属。银杏属裸子植物,目前的银杏是古代银杏类植物中遗留下来的惟一存种。因此有“活化石”之称。我国银杏品种资源十分丰富,现将优良简介如下。

(1) 大圆铃　主要分布在山东郯城,出核率25%左右。单核重3.0～3.7 g,每千克270～330粒。肥水充足时,生长快,结果早,高产稳产,较抗病虫害。

(2) 大佛手　主产于江苏,出核率高,每3～3.5 kg种子出1 kg种核。种核重3～3.3 kg,每千克300～340粒。糯性差,味甜,个大,种核结白。丰产性强,大小年现象不明显。但抗涝、抗风性能差。

(3) 洞庭星　原产于江苏,单种重17.6 g,种子特大、丰满。种核重4.53 g,每千克283粒,是国内有名的大型白果之一。

(4) 大白果　原产于湖北、广西,种仁饱满、味美,种核色白,个头大而均匀,平均单核重4 g,每千克250粒左右。

(三) 生物学特性

1. 花果习性　由于坚果类果树属(或科)间相差较远,其花果习性差别很大(表8－13)。

表8－13　坚果类的花果习性

	花芽类型	花芽着生部位	花(序)类型	花(序)着生位	果实结构	可食部分
板栗	混合芽 ♀♂同芽异花	着生于结果母枝顶端及其下部的几个芽	单性花 ♂花序为　荑花序 ♀花序为总苞状,一般内有3朵♀花	♂花序着生在新梢侧3～8节处 ♀花序着在新梢上部♂花序基部	总苞(刺状) 果皮(革质) 种皮(纸质) 种仁(白色或黄色肉质)	种仁
核桃	♀为混合芽 ♂为纯花芽 ♀♂同株异花	♀花芽为结果母枝的项芽及其下几个芽 ♂花芽着生在结果母枝中下部	单性花 ♂花序为　荑花序 ♀花单生或群生	♂花序着生在结果母枝侧面中上部 ♀花着生于新梢顶端	总苞(肉质) 果皮(骨质) 种皮(膜质) 种仁(白色或黄色肉质)	种仁

续表

	花芽类型	花芽着生部位	花(序)类型	花(序)着生位	果实结构	可食部分
银杏(裸子植物)	♀♂皆为混合芽 多为♀♂异株 少数♀♂同株	着生于结果母枝顶端,植株到达生理或成熟年龄后,延伸枝和顶侧枝中、下部腋芽,第二年抽生短枝,顶端形成混合芽,第三年顶芽抽生花枝	单性花 ♂花序为 荑花序 ♀花单生或群生	♂花族生在新梢上 ♀花同上	外种皮(肉质) 中种皮(骨质) 内种皮(膜质) 种仁(白色或黄色肉质)	种仁

高东升,1997。

2. 根系 板栗是深根根性树种,根垂直分布可达数米,但大部分分布在20～60 cm深的土壤中。水平扩展很远,可达枝展的3～5倍,但以树冠边缘投影附近密度最大。

板栗根破伤后,皮层与林质部易分离,愈合和再生能力均较弱,且苗龄越大,伤根越粗,愈合越慢,发根越晚。因此,苗木出圃或园土管理是切忌伤根过多,以免影响苗木成活和植株对水分、养分的吸收。

板栗幼嫩根上常共生真菌,形成菌根,菌丝体呈罗纱状。菌根形成期与板栗根活动期相适应,7～8月份菌根形成达到高峰。真菌可以使根系表皮层细胞显著增大,增强根系吸收能力,扩大吸收面积,还可分解土壤中难以分解的养分,当土壤含水量达到萎蔫系数时,菌根还能吸收水分,促时板栗的生长发育。

3. 枝条 板栗的枝条大致可分为发育枝(营养枝)、结果母枝和结果枝三类。其中发育种枝是由叶芽或潜伏芽萌发形成的,是形成树体骨架的主要枝条。根据枝条生长势又可分为徒长枝、普通发育枝和细毕弱枝。

结果母枝是同生长健壮的发育枝和结果枝转化而成。顶芽及其下2～3个芽为混合芽,可抽生结果枝。结果母枝抽生结果枝的数量、质量与板栗树的年龄时期及自身长势强弱有关。一般初果期和盛果期树,其壮结果母枝才能发生长而粗壮的结果枝,这种果枝形成的雌花数多,坐总苞率也高(表8－14)。

表8－14 板栗、核桃的生物学习性比较

树种	板 栗	核 桃
根系	为深根系,侧根、细根发达,水平根发达,幼嫩根上共生菌根,水平分布达树冠3～5倍	为深根系,主根甚深,侧根粗壮,须根密集等特点。1～2年生幼树是垂直根形成期,后水平根伸长
枝条	可分为发育枝,结果母枝和结果枝。发育枝又分为徒长枝、普通发育枝、细弱枝	分为生长枝、雄花枝、结果枝与结果母枝
芽	枝条上的顶芽为伪顶芽,叶芽着生枝条顶端和其中下部,结果树着生枝条的中下部萌发形成发育枝。具休眠芽在各类枝基短缩节位处,芽体小,一般不萌发,可利用更新复壮	叶芽萌发后抽枝或形成结果母枝,潜伏芽着生于枝条基部,芽体小,不萌发,可利用更新复壮。雄花芽,雌花芽排列方式:雄叶单生、雌叶叠生、雌雄叠生、叶雄叠生、叶叶叠生、雄雄叠生

续表

树种	板　　栗	核　　桃
花芽类别	混合花芽(又分完全和不完全混合花芽)	雌花芽为混合花芽,雄花芽为一纯花芽
着生部位	完全混合花芽在枝顶端及其下2～3节,不完全混合花芽位于完全混合花芽之下或弱枝顶端	雌花芽位枝条顶端1～3节,雄花芽着生顶芽以下2～10节
花序	雄花为　葇花序,雌花为一个刺苞	雄花为　葇花,雌花序是单花或穗状
花分化	雌雄同序异花,雄花序分化期长而缓慢,雌花分化期短而快。花期可达17～18 d	雄花序5月间叶腋露出到翌春完成,雌花一般6月下旬开始至来春5月上约10个月
开花	雄花,雌花开放期不一,雄花序先开,雌花序中心先开。花期可达17～18 d	也是雄雌异熟,有的雌花先开,有的雄花先开。雌花先开者为早熟品种
授粉结实	最好配置授粉树、靠风媒传粉	配置授粉树后结实率高、靠风媒传粉
果实发育	胚珠受精,子房开始发育,枝条迅长期,幼果生长迟缓;枝条停长,幼果迅速膨大。成熟前10 d,果实充实。一般前期总苞增长和积累,后期积累转向果实,特别是种子部分	分三个时期:果实迅速生长期,在花后6周;果皮硬化期,一般在6月底—7月中旬;种仁充实期,自果皮硬化后一直到成熟

高东升,1997。

二、栽培技术

(一) 园地选择

板栗对土壤要求不严格,除盐碱土、黏重土和石灰岩山地外,均能正常生长,但以母质为花岗岩、片麻岩等风化的砾质土、沙壤土为最好。板栗喜酸需钙,最适pH 5.5～6.5。因此,要选择向阳南坡和地下水位较低,排水良好的沙性土壤。

银杏对土壤的要求也不严格,无论酸性土、钙质土或中性土均能生长,但从丰产上要求最好选择土层深厚、土壤湿润、肥沃和排水良好的中性或微酸性土壤,pH在6.5～7.5为佳。

核桃对土壤的适应性强,不论是丘陵、山地、平地,只要求土层较厚,排水良好的山沟低处和河边冲积地上则更好。土质以含钙的中性和微碱性土最好。

(二) 苗木准备

三种坚果树种的苗木都可以采用实生或嫁接繁殖,其中以嫁接繁殖最好。主要嫁接方式与其他果树近同。

应当注意,银杏种子采收时,并未完成胚的发育,还要经过40～50 d的时间,才能达到完全的生理成熟。因此,不能采收后立即进行催芽播种。

板栗的种子"怕干、怕湿、怕热、怕冻"。采收后自然放置20 d则失水达50%,一个月后就失去了发芽力,温湿度过高易霉烂,受冻后容易变质。因此,自果实采收后贮藏及播种期间,必须注意保湿、防热、防冻,以保持种子活力。以保证苗木的成活。

核桃由于树体中单宁质物质含量较高,嫁接时在切面上的蛋白质被单宁沉淀,同时单宁本身会形成不溶性的聚合单宁氧化片,产生黑色的"隔离层",阻碍了砧木与接穗之间细胞物质的交流

而影响愈合,降低嫁接成活率。因此,在嫁接时操作要快,削面要平滑,并尽量使砧木和接穗的削面少接触空气,以减少单宁氧化,提高嫁接成活率。

(三) 土肥水管理和整形修剪

坚果类果树的土肥水管理和整形修剪,可参考仁果类果树。树形以主干形为主,修剪以疏密、疏弱为主。但应注意,这三种果树多数品种为结果母枝顶芽及其下部几个芽抽生结果枝,因此对结果母枝一般不短截。板栗结果枝中段6～10节着生雌花序,雄花序脱落后就成为空节,不能再形成芽,因此更新修剪或短截一定要避免截到此处。

第五节　柑橘类

一、概况

(一) 生产概况

柑橘是世界性重要果树,世界总产量仅次于葡萄居第二位。截止到2000年,我国柑橘栽培面积24.93×10^4 hm^2,产量8783.2 kt,四川、福建、湖南分别居总产量的前三位。柑橘用途很广,除供鲜食外,也是食品、医药和化学等工业原料。柑橘类果树的种类和品种很多,若结合贮藏和不同地区栽培,可周年供应鲜果。

我国是柑橘原产地之一,资源丰富,品种繁多,已有4 000余年栽培历史。柑橘属亚热带植物,在我国多分布在北纬19°～33°之间,约有20多个省(区)市有柑橘分布,以四川、广东、浙江、湖南、湖北、江西、广西、福建和台湾等省区栽培较多。

(二) 优良良种

柑橘属芸香科柑橘亚科柑橘亚族植物。其中栽培价值最大的有枳、金柑和柑橘三个属(表8－15)。

表8－15　柑橘类三个主要属的区别

属　名	主　要　性　状
枳　属	落叶性,复叶,有小叶3片,子房多毛茸,果汁有脂
金柑属	常绿性,单身复叶,叶脉不明显,子房3～7室,每室胚珠2枚,果小,果汁无脂
柑橘属	常绿性,单身复叶,叶脉不明显,子房8～18室,每室胚珠4枚以上,果大,果汁无脂

辛培刚,1999。

近年来,我国柑橘科研部门,根据柑橘形态特征、地域分布、演化程序,并参考生产实际,将柑橘类果树分成八大类:枳类、大翼橙类、宜昌橙类、枸橼类、柚类、橙类、宽皮柑橘类和金柑类。其中宽皮柑橘类适应性广,经济价值高,栽培历史久,是柑橘类果树中种群最大的一类,又分为两大组:橘组和柑组。

经过长期的生产实践,现已培育和筛选出非常丰富的优良柑橘品种。

1. 新会甜橙　原产于广东新会。果中小,长圆或近圆形,重110～113 g,果顶有个圈。果皮

橙黄色，薄而光滑，油胞细小平生，囊瓣 9～12。果肉浅黄色，汁少，香爽极甜，无酸味，品质优良。种子少，6～8 粒，长卵形，多退化。可溶性固形物 13%～16%，全糖 11%～15%，酸 0.1%～0.7%。稍耐贮，系外销名品。

2. 锦橙　四川从江津庙基乡实生树中选出。果大，长椭圆形，整齐，重 150～180 g。果顶平或微凹，蒂部较窄略平或微凸，果心小，囊瓣 8～13。汁胞披针形，橙黄色，柔软多汁化渣，甜酸适度，味浓，微具香气。可溶性固形物 12%～15%，含糖 8.8%～8.9%，含酸 0.88%～0.94%，品质上等。种子少，平均 6.5 粒。11 月下旬—12 月中旬成熟。耐贮藏。为外销良种。

3. 伏令夏橙　果圆形或稍长圆形，重 120～150 g。果顶圆而略扁，蒂部圆形，萼小而尖，果皮橙黄或橙红色，光滑或稍粗，与果肉紧贴，囊瓣 9～12，果心充实或半空。果肉橙黄色或橙色，柔软多汁，甜酸适度。种子数粒，品质佳，含糖 11.67%，酸 0.97%。4—5 月成熟，可挂果贮藏。本品既可鲜食亦可制果汁。

4. 温州蜜柑　属宽皮柑橘类。单性结实，小果倒卵形，果实大小因品质而差异较大，橙黄至橙红色，油胞粗大。囊瓣 8～13，易分离，囊壁较厚韧，果心空。汁胞橙黄至橙红色，柔软多汁风味酸甜，品质优良。9 月下旬至 12 月下旬成熟，无核，偶有 2～3 核，多胚，淡绿色。适应性强，可耐 −9 ℃低温，耐旱耐瘠，抗溃疡病性较强。品质好，较耐贮运。可鲜食又可制罐。

温州密柑品系很多，目前栽植较多的有宫川、龟井、宜红、尾张、山田等。

5. 红橘　又称福橘、川橘、南橘等，为我国古代品种。果扁圆形，重 60～140 g。果皮鲜红美观，油胞密，平生或微突，皮薄易剥。囊瓣 9～12，肾形，果心空大，橘络多。汁胞粗大而松，橙红色。可溶性固形物 11%～13%，酸 0.37%，甜酸适度，品质中等，种子 15～25 粒。不耐贮藏，适应性强。10 月上旬—12 月上中旬成熟。

6. 沙田柚　原产于广西容县沙田。果重 700～2 000 g，梨形或长颈倒卵形，果顶平有印圈，印圈内有放射状纹为其特征，果皮厚，黄色。汁胞汁较少，味甜，品质优良，含糖 7.9%，酸 0.38%。种子 100～200 粒，发育或退化，大，楔形，单胚。在两广 9 月下旬果皮未黄时即可食用，以 10 月下旬至 11 月上旬正常成熟的品种质最优。

7. 金弹　又名金柑、金橘、属金柑类，原产于我国。果实近广椭圆形，顶部稍宽，单果重约 21 g，果面橙色或橙黄色，光滑，皮较厚，难剥离，油胞小，中心柱充实，囊瓣半圆形，多瓣，囊壁厚而绵软，汁胞细长，黄白色，甜带微酸。果皮味甘可食，有香气，稍带辛辣。品质中上，成熟期 10—12 月上中旬。耐贮性差。

（三）生物学特性

1. 根系　柑橘根系在土温 12 ℃时开始活动，最适生长温度 25～26 ℃，当土温高达 37 ℃时，即停止生长，根生长的最佳湿度为土壤最大含水量的 65%左右，新根生长要求氧气 8%以上，土壤 pH 应在 5～8 之间，最佳 pH 6.5。

柑橘的根系不具根毛，依靠菌根吸收水分和养料。菌根真菌寄生在新根表面，代替根毛的作用进行吸收、分解、合成。此外，真菌分泌的维生素、激素等活性物质，能促进根系生长。

柑橘根系的分布，因种类、品种、繁殖方法、砧木类型、土层深浅、地下水位高低以及栽培条件的不同而有显著差异。一般柚、酸橙、甜橙、柠檬、橘的主根分布较深，实生树、土层深厚、地下水位低的圆片，根系分布较深广。

2. 枝梢　柑橘具有合轴分枝（即假轴状分枝）的习性。当枝条生长到一定时期以后，先端停

止生长，数日后，在近顶端1～4节的地方发生断裂而先端脱落，此谓顶芽处自枯现象。在下一个生长季节，断口以下的第一、二或第三侧芽萌发，继续向前延伸生长。因此，多年或一年多次生长的枝梢，是连续的假轴状分枝类型。在枝条叶腋中，有1个主芽，1～3个副芽。

柑橘的枝梢一年发生三次：即春梢、夏梢和秋梢。春梢一般在2—4月间发生。出现时间较一致，数量多，枝条充实，节间较短，横断面近圆形或不正椭圆形，可分为营养枝和结果枝。营养枝如果当年不连续抽梢，一般可发育成次年的结果母枝。夏梢在6—7月份陆续发生，出现时期不齐。枝条粗壮，横断面呈三棱形，相当于苹果的延长枝，一般用于扩大树冠，一些长势中庸的晚夏梢也可作良好的结果母枝。秋梢一般8月份开始发生。枝条较细，长度居中，横断面为瘦弱三棱形。早秋梢也可以成为结果母枝。柑橘结果枝类型较多，仅以图示之（图8－12）。



图8－12　柑橘结果枝类型
1. 无叶顶花果枝　2. 有叶顶花果枝
3. 腋花果枝　4. 无叶花序果枝
5. 有叶花序果枝

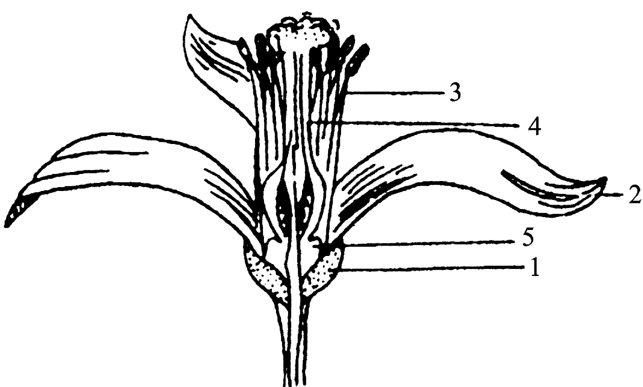


图8－13　柑橘花器构造剖面示意图
1. 花萼　2. 花瓣　3. 雄蕊　4. 雌蕊　5. 蜜盘

3. 开花结果习性　柑橘类果树种类繁多，花芽分化情况比较复杂。生产中常见种类柑、橘、柚等，一般在冬春分化。同苹果类似，也要先进行生理分化，时间约从1月上旬至3月中旬，此后进行形态分化。先分化出萼片花瓣，随后是雄蕊原基，最后才是雌蕊原基。

花芽分化受多种因素影响，外界因素中最主要的是气温。对树体本身而言，花芽分化取决于糖类的积累和蛋白质类物质的多少，以及激素的种类和数量等。

正常的柑橘花是完全花，多数品种为自花授粉，少数品种（系）自花不易结实，也有单性结实现象。普通柑橘授粉后约经30 h，花粉管即可达胚珠，经48～72 h受精即可完成（图8－13）。

柑橘果实属于真果类中的柑果。从外向内依次为外表皮、油胞层、中果皮海绵层、囊瓣和中心柱，在海绵层和囊瓣之间的纤维组织称橘络。囊瓣内部包裹着汁胞和种子。很多柑橘类果实的种子具有多胚现象，即种子的胚由珠心细胞分裂形成的无性胚和经过受精而产生的有性胚组成，而且无性胚远比有性胚强旺。所以，播种多胚种子，萌发成苗的绝大多数是无融合生殖的珠心苗。珠心苗生长迅速，丰产性较强，且能排除病毒，果实品质与嫁接苗相差无几，是优良的无性繁殖和培育无病毒苗木的好材料。

二、栽培技术

(一) 育苗

柑橘育苗的方法很多,有嫁接、播种、扦插和高压等。其中最主要的是嫁接。

1. 砧木 常用的砧木有枳、枳橙、香橙、蜜橙、构头橙、香圆等,宜昌橙常作矮化砧木。选择砧木应注意:早熟、弱性品种可选乔化砧;强性品种则可用矮化砧木。

2. 嫁接 柑橘嫁接时期在不同地区要求不同。长江下游地区,单芽腹接从3—10月都可进行,切接则宜在春分至谷雨期间,半丁字形芽接最好在8—9月份进行。

(1) 单芽腹接 优点是成活率高,一次未接活可以补扫。嫁接时期长,接穗来源广,利用率高,操作简便,技术容易掌握。

(2) 单芽节接 这种嫁接方法接口愈合快而好,发芽快而齐,苗木健壮。剪砧嫁接操作方便,砧苗也可适当密栽,增加出苗数,接后20～30 d可以检查成活率,但嫁接时期较短。

(3) 半丁字形芽接 这种嫁接方式愈合较好,成活率高,嫁接后15～20 d可检查成活率。如果嫁接后过冬,应埋土防寒,次年春天及时扒土、解膜和剪砧。

3. 苗期管理 嫁接成活后,要及时解除塑料薄膜。然后剪砧,剪砧应在接芽背面斜剪,芽上留桩约为0.5 cm。春夏季嫁接的为防止脱芽、流胶,要先折砧。此外,要及时抹除砧芽,以利抽生壮梢,要加强肥水管理促进新梢生长。在早霜危害严重的地区还应注意防冻。

(二) 栽植

柑橘在春夏秋三季枝梢停长或初长时都可栽植。栽植密度由品种、砧木、土壤、气候、地形、地貌等因素决定(表8－16)。

表8－16 不同种类柑橘栽植密度

品　种	平地株行距/m	山地株行距/m
早熟温州蜜柑	3×4	3×3
普通温州蜜柑	3×5	3×4
红柑	3×5	3×4
木地早	3×5	3×4
柚	5×6	5×5
金弹	2×2	1.5×2

栽植时应注意深度,要使嫁接口在土壤浇水沉实后露出地面,以免过深使主干罹病腐烂或遭受虫害等。其他方面可参考苹果。

(三) 整形修剪

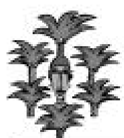
柑橘的整形修剪,必须处理好单干与多干、高干与低干、轻剪与重剪、疏剪与短截、抹芽与放梢、冬剪与夏剪等关键问题。其基本原则同苹果类似,都是"打开光路,均衡树势"。

柑橘的树形因品种、栽植密度等确定,常用的树形有三主枝自然开心形和自然圆头形,也可试用纺锤形。整形修剪方法与苹果等常见树种类似。

(四) 病虫防治

1. 病害　负荷过重或受冻柑橘树体衰弱，容易感染病虫害，特别是树脂病和裙腐病极易发生。病害一经发现，应尽快刮治涂药。100 倍 50%托布津液或 1∶4 碱水可治疗树脂病 裙腐病则可在刮后涂 100 倍 50%托布津或 2 000 倍 25%多菌灵液。100 mg/L 2,4－D 液可以促进伤口愈合。主干患病严重的，可以用靠接法换砧。

2. 虫害　柑橘的虫害主要有为害叶片和嫩梢的蚧类、潜叶蛾、螨类、蚜虫等，为害枝干的吉丁虫和天牛等，防治方法与苹果、桃等树种近似。



思 考 题

1 简述果树生产的重要意义。
2 果树有哪些类型？举出每一类型的代表性果树各 5 种。
3 试述仁果类果树的生物学特性，苹果、梨的主要品种和栽培技术。
4 试述桃、杏的生物学特性、代表性品种和栽培技术。
5 试述葡萄、石榴、猕猴桃的生物学特性、代表性品种和栽培技术。
6 试述板栗、核桃、银杏的生物学特性、代表性品种和栽培技术。
7. 试述设施栽培在果树生产中的发展前景。



观赏植物生产

第一节　花卉

一、概况

由于受近代社会变革的影响，中国花卉业经历了极不平常的发展历史。在清代之前，中国的花卉业处于世界前列，被西方公认为"世界园林之母"，很多世界著名花卉都起源于中国，如杜鹃（*Rhododendron* spp.）、月季（Rosa chinensis）、菊花（Dendranthema grandiflorum）等，但清代之后至20世纪70年代，花卉业受到极大冲击，已经远远落后于世界先进水平。

20世纪80年代，由于中国经济的复苏及人民生活水平的迅速提高，使花卉业重新恢复，90年代得到迅速发展，经过20年的努力，中国花卉业已呈现出了良好局面。目前，中国花卉业的基本特点可归纳为下列几个方面：

1. 发展速度快，潜力大　年产值大约以15%左右的速度递增，种植面积、产值、出口额都在大幅度增加（见表9－1）。

表9－1　中国花卉种植情况

年　度	1984	1990	1991	1993	1994	1995	1996	1998	2000
种植面积/10^4 hm^2	1.4	4	—	—	—	—	7.5	9	12
年产值/亿元	6	12	—	20	38	40	48	104	500
鲜花产量/亿支	—	—	2.2	—	7	8.1	10.9	21	—
出口额/亿美元	—	0.25	—	—	—	0.67	1.3	—	—

从目前情况看，中国花卉业不仅发展速度快，而且潜力相当大，因为花卉属于精神消费品，其发展状况与整个国家的经济状况密切相关，中国近年来的经济持续快速发展，全民生活水平得到了大幅度提高，必将带动花卉消费与生产。同时，中国目前人均花卉消费水平还远远落后于发达国家，但中国人口多，消费总量大，所以，花卉消费的空间仍然很大。

2. 花卉生产与经营已引起方方面面的重视　首先，中国花卉协会在推动我国花卉快速发展方面做了大量工作，自 1985 年开始，每四年举办一届全国花卉博览会，每年举办一届中国花卉苗木信息交流会，并于 1999 年在昆明成功举办世界园艺博览会，极大地提高了中国花卉业的整体水平。各省市花协及有关行业主管部门逐渐引起重视，分别在不同方面进行了大量工作。

3. 花卉市场呈现了繁荣局面　许多行业及个人纷纷投身于花卉行业，花卉交易市场遍布全国各地，鲜花店更如雨后春笋一般，迅速增加。据不完全统计，全国大型的花卉交易市场已达 1 000多个，花店 3 万多家，极大地拉动了花卉销售与经营。

4. 花卉生产企业不断增加，产品质量迅速提高　由于市场的拉动，花卉生产迅速发展，各种类型与不同规模的花卉公司、企业、基地纷纷成立，经过十几年的努力，造就了一批管理者和科技人员，花卉产品质量明显提高，有的产品已达到出口标准。

5. 部分花卉在国际上具有一定的竞争力。主要是部分中国传统名花，如牡丹（*Paeonia suffruticosa*）、芍药（*Paeonia lactiflora*）、玫瑰（*Rosa rugosa*）、中国水仙（*Narcissus tazetta* var. *chinensis*）、山茶（*Camellia japonica*）、国兰（*Cymbidium* spp.）等，由于这些种类主要产自中国，所以，具有一定的优势。

6. 仍然存在若干突出的问题　尽管中国的花卉业近年来发展速度很快，呈现出了很好的势头，但与发达国家相比，问题同样非常突出：① 很多种类的产品质量较低，难于出口，特别是鲜切花、高档盆花、盆景等；② 北方地区由于受气候条件的限制，有些花卉生产成本较高，经济效益不突出；③ 整体科技水平有待提高，如管理人员、技术人员、操作工人的素质，科技人员的数量，生产设备、花卉品种及种苗的质量，销售渠道及售后服务等等方面；④ 从全国范围来看，各地情况千差万别，发展极不平衡，影响了全国的整体水平；⑤ 花卉作为一种新型的行业，近年才得到较快发展，但普及性较差，特别是农民对这方面的信息了解少，技术差，急需大规模地培训与普及。

二、栽培技术

（一）鲜切花生产（唐菖蒲、香石竹、切花月季、切花菊、非洲菊、百合）

1. 唐菖蒲（*Gladiolus hybridus* Hort.）　鸢尾科唐菖蒲属，又名剑兰、菖兰、十样锦，是世界著名球根花卉，世界五大鲜切花之一。花梗挺拔修长，花形奇特，艳丽多姿，应用广泛。

原产于非洲热带地区，生产最适温为 20～25 ℃，为典型的长日照植物，花芽分化时每天光照时间要求在 14 h 以上，对土壤的要求以排水良好、深厚肥沃的沙壤土为宜，适宜土壤 pH 为 5.5～7。

繁殖方法主要以分球繁殖为主。生产鲜切花所用的繁殖材料是直径在 3.0～3.5 cm 以上的球茎，该球茎栽植之后，在抽茎放叶、老球茎干枯的同时，重新产生 1～3 个新球茎（直径 2～3 cm 左右），又在新球茎基部产生若干个（十几～几十个）黄豆粒大小的子球。鲜花采收之后，地上部

分逐渐干枯，将子球挖出，去土、晾干、贮藏。春季4月份，露地栽种，栽种密度10 cm×30 cm，覆土厚度3～4 cm，出苗后进行正常管理，10月份收获，即为用于鲜切花生产的商品种球。

唐菖蒲的鲜切花生产，分为保护地生产和露地生产两种方式，前者主要在北方应用，后者主要在南方应用。根据实际情况，北方保护地生产以冬暖式塑料大棚或春暖式塑料弓棚为宜。所用种球是顺利通过休眠的商品球，直径要求在3～3.5 cm以上，栽前用50%多菌灵500倍液浸泡30 min，或用50%福美双粉剂500倍液拌球后种植。栽植的时间根据鲜花上市的时间而定，正常情况下，自种植到采花需要80～100 d。为了排水，一般用高床或高垄方式种植，床面宽1 m，床高10～15 cm，栽植密度为每1/15 hm^2 1.3万～2.0万株（视球茎大小而定）。生长期保持15～25 ℃的温度，最高温不要超过30 ℃。为保证花芽分化良好，北方冬季生产时要求自2叶期至5叶期进行人为补光，每8～10 m^2 挂一盏100 W灯泡，每天傍晚补光6～8 h。水分管理重点是防止土壤积水。当叶高达20 cm时，架尼龙网，以防止倒伏，网架随植株的生长而升高，或架2层网。生长期间追肥3次，分别在2叶期、4叶期和开花过后，第一次以N肥为主，第二次以N、P肥为主，第三次以P、K肥为主。

当花枝最下部1～3朵花蕾现色时即可采花，用剪刀自下部2～3片叶处剪下，然后进行分级、包装、贮存或上市。露地栽培方法可参照保护地栽培方式。

2. 香石竹（*Dianthus caryophyllus* L.） 石竹科石竹属，又名康乃馨、麝香石竹。为多年生亚灌木花卉，但一般作一、二年生草本栽培，世界五大鲜切花之一，是著名的“母亲节”之花，主要特点是：花色艳丽多姿，花期较长，易于贮存运输，具有芳香。

原产于南欧、地中海北岸的法国到希腊一带，现世界各地广为栽培，对环境条件的要求较为严格，既不抗冻，又不耐热，生长适温为15～20 ℃，喜较为干燥的大气环境，忌高温高湿，为中日照花卉，但需要阳光充足，要求pH在6～6.5、腐殖质丰富的粘壤土。

繁殖方法以嫩枝扦插为主。为了防止品种退化，要设立专门的采穗圃或母本圃，扦插时间以春、秋为宜，扦插基质为蛭石、珍珠岩或二者混合。插穗长10～15 cm，具有健全的4～5对叶片及完整的茎尖，插前用 50×10^{-6}～100×10^{-6} 的NAA、IBA或ABT生根粉浸泡插穗基部，以利生根。扦插间距5～8 cm，深度为插穗的1/3，插后喷透水，一般15～20 d生根，30 d左右可移栽。

香石竹鲜切花一般进行保护地生产，以高床或低床均可，床面宽1 m，步道0.6 m。定植时间根据鲜花上市时间而定，从定植到开花所需的时间受环境条件（特别是温度）影响明显，一般为100～110 d，最长可达150 d左右。根据市场需求，最好在12—3月供花，北方地区需要在8—9月份定植。栽植密度35株/m^2 左右，每亩栽植1.2万～1.4万株。栽植后的管理措施主要有：摘心：定植后1个月左右，高6～7个节间时，摘掉顶芽，促发侧枝，一般要求摘心2～3次，每株保留3～6侧枝。张网：株高15～20 cm时开始，每隔20 cm架设一层，共架4～5层。浇水：总的要求是浇水不可太多，避免土壤积水，并注意在行间浇水，避免叶片淋水。施肥：幼苗期施肥，应以饼肥水等有机肥为主，1～2周一次；生长旺盛时期，以速效性复合肥或N肥为主，2～3周一次。温度控制：要保持温度适中，防止忽高忽低，特别是北方的冬季，保温是主要措施。摘芽、疏蕾、摘心之后会陆续萌发侧芽，除每株保留3～6个作为开花枝外，其余的健壮侧枝可摘下作为插穗用，对一些过细或不健壮的侧枝、侧芽要尽早除去。开花枝上的花蕾，只保留最顶端的一个，其余的及时疏除（散枝香石竹品种除外）。

当花瓣先端露色部位长1～2 cm时即可采花，采花部位一般在花枝基部以上3～5个节上，

采下的花枝要及时分级、包装、贮存或上市。

3. 切花月季(*Rosa* CV.)　蔷薇科蔷薇属,为四季开花的灌木类花卉,月季的类型较多,切花月季是其中之一类,国际上及花店经营时,习惯上称其为“玫瑰”。世界五大鲜花之一,是著名的“情人节之花”,其主要特点是,花大、色艳、味香,因而广泛流行。

月季的祖先原产中国,目前栽培的品种是经过多种蔷薇属植物反复进行种间杂交而形成的高度杂交品种,生长适温为20～25 ℃,夜间最低温可以10～15 ℃,低于5 ℃即落叶休眠,要求充足的光照及中等空气相对湿度(70%～80%),对土壤的要求是pH 6～7.5的排水良好的疏松、肥沃壤土或沙壤土。

繁殖方法以芽接效果较好,砧木可选择野蔷薇(*Rosa multiflora*),嫁接时间自5—9月均可。

栽培措施主要有　① 土壤准备。整地前施足基肥,每100 m^2 施入圈肥1 000 kg,过磷酸钙20 kg,骨粉30 kg。苗床以高床为宜,床面宽45 cm(栽2行),床间距40～45 cm。定植前,土壤要进行消毒,选用药物有多菌灵、百菌清、福尔马林、硫酸亚铁等。② 定植。定植时间一般在春季萌芽前或秋季落叶后,每床栽2行,株距30～40 cm,行距20～25 cm,两行交错定植,栽植密度12～15株/m^2,每1/15 hm^2 实际栽植4 800～6 000株。③ 立架、拉绳。在苗床两侧,拉2～3道铁丝或细绳,防止倒伏。④ 浇水。一定要根据土壤干湿状况进行适当浇水,切忌积水,特别是冬季保护地栽植时,更应注意。⑤ 光照。对光照强度要求较为严格,最好保持在54 000 lx以上。⑥ 施肥。生长季节内15～20 d追肥一次,有机液肥(豆饼水、麻酱渣水、人粪尿等)与化肥交替进行,必要时进行根外追肥。⑦ 修剪。切花月季栽培过程中,整形修剪工作量大,对切花质量影响显著,分为下列主要修剪方法 a. 苗期修剪。主要任务是促进营养生长,培养开花枝,因此,若出现花蕾,应及时摘除,以免影响枝叶生长,直到开花母枝粗度达到0.6～0.8 cm以上。b. 开花母枝修剪。当留作开花母枝的枝条顶端花蕾着色时,连同花蕾剪掉梢部(长度约为整个枝条长度的1/3左右),剪口以下保留5～6个成熟芽,长度50～60 cm,让保留的这些饱满芽抽枝开花。c. 经常性修剪。经常检查,及时剪除开花枝上的侧芽、侧蕾,及时去除弱枝上的花蕾;及时剪除病、虫枝。d. 切花枝的剪取。要求既要使剪下的花枝达到长度要求(40～60 cm以上),又要使留下的枝条上具有饱满的芽,有利于以后抽壮枝、开好花,一般的剪取部位是枝条基部以上第2～4片叶处。e. 多年生植株的修剪。对于多年生植株,由于枝条逐年萌发,每次剪取花枝时都保留一段枝条,使同一枝条“拐弯”太多,同时,多次留枝导致枝条衰老,为了恢复植株的生长势及保持整个植株的均衡,采取“回缩枝条”修剪法,即在休眠期或半休眠期,将所有枝条回剪到60～80 cm的高度,以促发新枝。

切花月季的采花时间是当花苞呈紧裹状态,有1～2层花瓣开始松展时。采后及时修剪、分级、包装、贮存或上市。

4. 切花菊(*Dendranthema grandiflorum* (Ramat) Kitam)　菊科菊属,多年生宿根草本花卉,世界五大鲜切花之一。菊花的类型、品种很多,切花菊是其中之一。其主要观赏特点是:花色艳丽、纯正,花型紧凑、硕大,茎叶粗壮、亮丽,香气清爽、宜人,衰败慢、耐贮藏,观赏期长,深受人们的喜爱,国内外广为流行。

原产于中国,现世界各地栽培非常普遍。菊花在花卉当中属于适应性较强的种类,生长最适温15～25 ℃,可耐30～35 ℃高温,并具较强耐寒性(宿根可耐－10 ℃低温)。为强阳性花卉,而

且多数品种对光照长短反映敏感，一般为短日照类型，要求空气相对湿度中等，比较抗旱，但生长旺盛时期需水量较大，对土壤的适应性较强，具有一定的耐盐碱能力，但以疏松肥沃的壤土、沙壤土更好。土壤 pH 可为 6.0～7.5。

繁殖容易，方法较多，但切花菊种苗的繁殖以嫩枝扦插效果最好，在所有的生长季节都可以进行。结合修剪，将生长健壮的嫩枝剪成 6～8 cm 一段，插入蛭石、珍珠岩、泥炭土等基质中，保持适宜的温度、湿度，15～20 d 即可生根，20～30 d 即可移栽。组织培养技术也已成熟，外植体用幼嫩茎尖，培养基为 MS＋BA2～3 mg/L＋NAA0.02～0.2 mg/L，培养条件为：温度 24～26 ℃，光照度 1 000～4 000 lx，每天光照 12～16 h。

栽培管理措施主要包括以下方面：① 土壤准备。整地前施足基肥，每 1/15 hm^2 施圈肥 5 000 kg，磷钾肥 20～30 kg；作高床，床面宽 1.0 m，高 15～20 cm，道沟宽 30 cm。② 定植时间。主要根据供花时间及环境条件而定。5—6 月供花的，应在 1 月上、中旬定植；7—8 月供花的，应在 2—3 月定植；9—10 月供花的，应在 4—5 月定植；11 月供花的，应在 7—8 月定植。③ 定植密度。以产鲜花 60 支/m^2 为宜，可栽植 60、30 或 20 株，然后每株产 1、2 或 3 支花。④ 张网。株高 30 cm 时进行，网眼直径 5～10 cm，架 1～2 层。⑤ 追肥。切花菊的枝叶量大，需肥多，除定植前施足基肥外，在生长期需及时追肥，生长初期至现蕾之前，以氮肥为主，如尿素、硫酸氨、硝酸铵等，半月左右一次，或用 0.1%～0.2% 的尿素进行根外追肥；现蕾之后，要增施 P、K 肥，如复合肥、KH_2PO_4 等。⑥ 整形修剪。若每株只保留 1 个花枝，则不需要摘心，只需及时疏除侧枝、侧蕾，若每株保留 2 个以上花枝，则当植株长到 4～5 片叶时进行摘心，以促发侧枝。在整个生长过程中，除保留开花枝外，所有侧枝、侧蕾均要及时疏除。⑦ 防虫。切花菊生产过程中，易发生的病虫为害主要有蚜虫，可喷施 40% 乐果乳剂 1 500～2 000 倍液。⑧ 采收。切花的采收适期为夏季当花开 2～3 成时、春秋当花开 4～5 成时，较为合适，采切部位一般在地面以上 10 cm 左右，采切后要及时摘除叶片，然后分级、包装、贮存或上市。

5. 非洲菊（*Gerbera jamesonii* Bolus） 菊科扶郎花属，又名扶郎花，为多年生宿根草本花卉，是世界五大鲜切花之一。近年来国内外应用渐广，栽培渐盛。其主要特点是花枝修长，花色艳丽，花朵硕大，管理简单，产花量高。

原产南非，1878 年由英国人发现，后逐渐推广到世界各地。我国引种较晚，近年才较大面积栽培。对环境的要求是喜温暖，不耐寒，生长最适温 20～25 ℃，低于 10 ℃停止生长，低于 0 ℃受冻，高于 28～30 ℃或昼夜温差过大时生长不良。要求光照充足，但对光照长短不敏感。要求疏松肥沃、排水良好的沙壤土，忌粘重土、盐碱土，pH 以中性至微酸性为宜。

繁殖方法以分株和组织培养为主。大的植株不断产生新萌蘖，在生长季节进行分栽即可。组织培养所用的外植体是蕾期的花托，取直径 1 cm 左右的花蕾，洗净，70% 酒精消毒 45 s，10% 漂白粉液中消毒 15 min，无菌水冲洗 3 次，在超净工作台上剥去苞片、小花，切成 2～4 块，接种在培养基上，分化培养基为 MS＋BA10 mg/L＋IAA0.5 mg/L，培养条件为 25 ℃，光照时间 16 h/d。生根培养基为 1/2MS＋NAA0.03 mg/L。

鲜花生产一般在保护地内进行，土壤深翻之后做高畦，畦面宽 40 cm，步道宽 30 cm，每畦栽 2 行，株距 20 cm，行距 25 cm，每 1/15 hm^2 7 000 株。因植株低矮，浇水施肥时要避开叶丛中心，以免叶、芽腐烂，并应及时清除基部黄叶。生长期间及时追肥，10～15 d 一次，施肥量每 100 m^2：KNO_3 0.4 kg＋NH_4NO_3 0.2 kg。

非洲菊一年四季陆续开花，当舌状花完全展开时，即可采花，直接用手旋转花枝即可采下，然后分级、包装、储存或上市。

6. 百合（*Lilium* spp.） 百合科百合属，世界著名球根花卉及鲜切花，而且是继世界五大鲜切花之后的又一支切花新秀，应用日益广泛。其主要观赏价值在于花大、香浓、色彩纯。

百合属野生种约有100种，主要产于北半球的温带及寒带，中国原产20种。现在栽培的均为杂交品种。绝大多数种类耐寒性强，耐热性差，喜冷凉环境，生长最适温为白天20～25 ℃，夜间10～15 ℃。为典型的长日照花卉，每天光照时数要求在12～14 h以上，要求土壤pH5.5～7的沙壤土，不耐盐碱。

繁殖方法较多，应用最多的是分球繁殖和组织培养。母球在生长开花的同时，在茎轴旁边及土中直立茎的茎节处每年产生1～3个或更多的新鳞茎，新鳞茎自然分离后，另行栽植即可，大的新鳞茎可于下年开花，过小的鳞茎可再培养1～2年，即可达到开花球。组织培养所用的材料为鳞茎内部幼嫩的鳞片，接种培养基为MS＋BA 0.1 mg/L＋NAA0.5 mg/L。培养条件为温度20～24 ℃，光照度1 000～2 000 lx，12～16 h/d。生根培养基为MS＋NAA0.3 mg/L。

百合的鲜切花生产多为保护地促成栽培，球茎栽种之前要进行低温处理，以便打破休眠，冷藏温度为2～5 ℃，时间为6～8周，冷藏结束后，先置10～15 ℃条件下升温过度1 d，然后栽种。土壤深翻以后，做高畦，畦面宽1 m，步道宽0.5 m。栽植时间根据供花时间而定，自栽种到开花一般需要80～110 d。每畦5行，开沟点种。种植密度根据品种、规格而定，一般30～60个/m^2。栽后开始阶段25～30 d，保持温度12～13 ℃，若超过15 ℃则发根不好。北方冬季保护地栽培时需要人为补光，每晚4～6 h。自出苗后开始施肥，7～10 d一次，生长前期用0.1%尿素（或NH_4NO_3）＋0.5% $MgSO_4$水溶液浇灌，叶面追肥用0.1%尿素＋0.1% KH_2PO_4＋0.05%硼砂。生长后期用1%NH_4NO_3＋1% KNO_3，叶面追肥用0.3% KNO_3＋0.1% KH_2PO_4。当株高20 cm时张网，2～3层。

当花序基部1～3朵花着色时即可采花，自基部5～6片叶处剪断，然后分级、包装、储存或上市。

（二）盆花生产（仙客来、君子兰、兰花、菊花）

1. 仙客来（*Cyclamen persicum* Mill.） 报春花科仙客来属，又名一品冠、兔耳花，是世界著名盆栽花卉。株型优美、花形别致、色彩艳丽、花期长、花量多，花期适逢元旦、春节等重要节日，特别适合普通百姓家庭布置观赏。

仙客来共有原生种几十个，目前广为栽培的品种均为*C. persicam*这一种的品种。仙客来原种产于北非、希腊各岛、土耳其、以色列等地中海沿岸国家，因而使其形成了适应该地气候的特性，对温度要求比较严格，既怕热又怕冻，生长最适温为白天20 ℃，夜间10 ℃。生长时期要求较高的空气湿度（80%～90%），但夏季休眠时，要求相对干燥凉爽，否则极易引起球茎腐烂。夏季需遮光，其他季节需直射光，光照长短对花芽分化无明显影响。喜疏松肥沃、腐殖质丰酸的酸性土壤（pH5.8～6.5为宜）。

繁殖方法主要是播种，选择优良品种及优质种子非常重要，要求用优良品种的F_1代种子。播种时间以9—10月份为宜，基质用洁净细河沙，盆播，播种前用40～50 ℃温水浸种1昼夜，播种间距1 cm左右，覆砂厚度0.5 cm即可，置15～20 ℃环境，注意保持基质湿润，1个月后陆续出苗，40～50 d出齐。

当播种苗高度达到2～3 cm，展开1～2片真叶时，即可分栽，第一次栽于较大的花盆或育苗箱，栽植间距5～10 cm，并开始正常追肥，以豆饼水及其他有机液肥为宜，10～15 d一次。

3—4月份，气温开始升高，再换入17 cm盆，球径露出1/3～1/2，随后，叶片增多，2周后开始施肥，每1～2周追肥一次，可以用尿素等化肥，也可以用豆饼水等液肥，或者二者交替使用。4月底，气温升高，中午应适当遮阴，以免叶片焦蒸，或者移出温室，置室外能防雨的阴棚中，若继续放在温室，须进行遮阴及降温，且要保证通风良好，自6月底开始，停止施肥2个月。

7—8月份，北方气温高，生长停止，球茎极易腐烂，一定要加强管理，主要是遮阴、降温、防雨淋、通风、忌肥。

9—10月份，气温开始下降，恢复生长，可换入17～23 cm盆，并开始施肥，10月底重新进温室养护，11—12月开始开花。现蕾后要注意加强光照，增施P、K肥（KH_2PO_4），促进花蕾发育。若叶片过密，可疏叶。

花期要注意保温，保证适宜的温度、充足的光照和肥料供应，并注意介壳虫的发生。需要留种的要进行人工授粉。为了延长花期，可适当降温（10～15 ℃），一般花期可持续到2—4月份。

第三年5—6月份，气温升高，开过花的仙客来叶片逐渐黄化枯萎，进入休眠。这时要减少浇水，停止施肥，待叶片干枯后，置遮阴通风处，严禁雨水淋浇和盆土过湿，以免烂球，但也应根据盆土情况适当洒水，以免过于干燥而使球茎干瘪。温度要控制在28 ℃以下。必要时，可用杀菌剂灭菌。注意这时不可摘除枯叶，以免伤口腐烂。

立秋后，气温降低，开始少量浇水，10月后，天气转凉，摘除枯叶，以后新芽很快萌发，可换盆，转入正常养护，10月底，移入温室。

仙客来的2年以上老球，花期稍迟（1—2月始花），但植株大，花多叶茂（花30～50朵以上，球3～5 cm）。一般2～3年为仙客来最旺盛时期，4～5年以后，生长势逐渐衰弱，所以，一般4年以后老球即弃之不用。但有时若肥水管理得好，4～5年以后的大球，可以开出特别多的花朵（几百朵），植株大，效果非常好。

2. 君子兰（*Clivia miniata* Reg）　石蒜科君子兰属，多年生常绿草本，既可观花，又可观叶，株型优美，叶片亮绿，花朵绚丽多彩，深受国内外人们的喜爱。

原产于非洲南部的山地森林，地处亚热带，原产地气候凉爽湿润，不太热也不太冷，生长最适温15～25 ℃，喜半阴，切忌夏季强光曝晒，空气相对湿度70%～80%，基质一定要疏松、通透，富含腐殖质，微酸性，切忌基质粘重、盐碱、积水。

一般用播种、分株繁殖。君子兰为雌雄同花，同一品种间授粉结实率很低，同株不同花之间授粉结实率更低。同时，君子兰属虫媒花，室内养植，开花又在冬季，很难靠昆虫传粉，所以，为提高结实率必须进行人工授粉。人工授粉的时间 花被片裂开，雌蕊柱头上分泌出粘液时进行。方法 将其他植株（最好品种不同）的花粉弹入玻璃器皿中，用毛笔蘸着花粉轻轻弹在柱头上，一般上午、下午各授一次，连授两天。

君子兰为中粒种子，一般在种子成熟后立即盆内点播，沙壤土为好。播前用温水浸种24 h。覆土厚度1～2 cm。保持20～25 ℃，一个月左右可发芽。播种苗一般3～4年开花。年龄比较大的君子兰能从叶液或旁边萌生新芽，因此可以分株繁殖。分株的时间多在春、秋两季。子株掰下之后，伤口都要涂以细草木灰或木炭粉，以使伤口迅速干燥，防止腐烂，待伤口干燥之后，再将母株上盆或伤口埋上，子株另行栽植于盆中，一般沙壤土为好。

栽培过程中需特别注意以下方面:夏季防热,冬季防寒。高温不要超过30 ℃,若温度过高,一定注意通风,洒水;低温不要低于5 ℃,最低不要低于0 ℃;切忌夏季阳光曝晒,或者浇水过多,这是叶片枯萎变黄的主要原因。室外效置一定要搭荫棚;切忌施肥过多。追肥一般在生长季节进行,油料种子(蓖麻籽、大麻籽、芝麻等)炒熟捣烂,作为固体肥料施用。这种肥料不像发酵的豆饼水那样具臭味,很适合室内培养时施用。春秋各施一次,每次1～2汤匙。豆饼水等作为液肥施用,每次1～2汤匙,兑10倍水浇施。生长季节可以多施几次。忌土壤过于坚实板结:一般用疏松的腐叶土,不可用粘重土壤及盐碱土。

3. 兰花(*Cymbidium* Spp)

统名花之一。兰科是有花植植物中最大的科之一，约有800个属，3万～3.5万个原生种，人工杂交品种在4万种以上，作为观赏的是其中的一部分。我国历史上广为栽培的兰花都是兰属(*Cymbidium*)的地生兰种类,俗称"国兰"或"中国兰"、"地生兰",国外特别是欧洲、东南亚等国栽培的,多为其他属的气生兰种类,俗称"洋兰"或"热带兰"、"气生兰"。国兰的主要观赏价值在于其花香、神韵及其文化内涵,花色为其次,而洋兰则主要观其花色、花型,一般花大色艳,开花繁密。国兰中的主要种有:春兰(*C. goeringii*)、蕙兰(*C. faberi*)、建兰(*C. ensifolium*)、墨兰(*C. sinense*)、寒兰(*C. Kanran*)等,洋兰的主要属有:蝴蝶兰属(*Phalaenopsis*)、卡特兰属(*Cattleya*)、石斛属(*Dendrobium*)、兜兰属(*Paphiopedilum*)、万带兰属(*Vanda*)及兰属的虎头兰类等。

中国兰类主要产自亚洲的亚热带,如中国的亚热带林区、日本、朝鲜、印度、越南、菲律宾等,喜温暖湿润气候,要求较高的空气湿度,但基质要疏松通透,富含腐殖质,pH5～6.5,光照度中等。休眠期能耐一定低温(5～10 ℃)。

洋兰类原产于热带、亚热带林区,要求温暖、湿润和蔽荫环境,生长在裸露的岩石、树干或空气中,要求很高的空气湿度(80%～90%以上),较高的温度(多数种类生长最适温在18～30 ℃),极不抗冻。人工栽培时的基质常用苔藓、蕨根、树皮块等。

繁殖方法较多,但常用的主要有分株、扦插、组织培养。国兰主要用分株方法进行繁殖,分株时间一般在春季发芽前的3—4月份及秋季休眠后的9—10月份,正常生长2～3年以上的植株,每年都产生若干新芽及新的圆球茎,整株脱盆后,按照一定株丛大小分开(每丛1至多个芽),重新栽植即可。具有直立假鳞茎的兰花种类(如石斛兰、万带兰等)可进行扦插繁殖,选择尚未开花、生长发育健壮的假鳞茎作插穗,2～3节切成一段,基质为苔藓或泥炭,扦插深度为插穗长度的1/2。置半阴、湿润、较高温度(20～28 ℃)条件下,1～2月可生根。组织培养在某些兰花种类上已得到应用,所用外植体是幼芽,所用培养基在不同的阶段有所不同:初始阶段(产生原球茎—愈伤组织)可用MS培养基;卡特兰继代培养(原球茎增殖)可用MS+NAA10^{-6}+BA5×10^{-6};原球茎分化(卡特兰)可用MS+NAA0.5×10^{-6}～10^{-6}+BA0.1×10^{-6}～10^{-6}。培养环境的温度为22～25 ℃,光照度2 000 lx,每天光照12 h。

由于国兰与洋兰的生态特性不同,所以栽培措施有所差别。

栽培国兰要用专门的兰盆,人工基质,要求一定要疏松、透气、肥沃,以腐叶土为宜,必要时掺加小石砾、炉渣等,以增加透气性,绝大多数种类5—9月为生长时期,需要在温室或防雨半遮阴的阴棚中养护,温度保持在15～28 ℃,经常叶面喷雾,尽量减少土壤水分,所用水质最好是微酸性的雨水,或经晾晒的自来水。追肥用沤制好的饼肥水或复合肥(KH_2PO_4等),或根外追肥(尿

素等)，注意要少量多次。

栽培洋兰对容器要求不严，泥盆、塑料盆均可，但对基质要求很严，一定要无土基质，常用的种类有苔藓、蕨根、树皮块、碎椰子壳、泥炭、蛭石、珍珠岩等。洋兰生长环境要求温度较高(多数在18～30 ℃)，湿度较高(80%～90%以上)，对光照的要求不同种类有所差别，但多数要求光照充足，所以，要根据上述要求控制好环境条件，尤其是北方冬季极易出现冻害，所以要注意增加温度、光照;水分管理要多喷水喷雾，少浇水，肥料可以用有机液肥(饼肥)，也可用速效肥料，浇灌或将固体化肥撒入盆中，然后浇水。

4. 菊花(*Dendranthema grandiflorum*(Ramat) Kitam) 菊科菊属，又名秋菊、九月菊、鞠，为多年生宿根草本，我国十大传统名花之一，民间栽培极为普遍。盆栽菊花的主要特点是，植株健壮茂盛，花朵大而多，花型奇特而美丽，花色丰富而亮丽，花期较长，繁殖栽培比较容易，适合普通百姓莳养观赏。盆栽菊的品种很多，全世界已达2万个以上，形态变化很大，根据不同的标准，分为若干类型。

菊花的祖先原产中国，现在广泛栽培的均为杂交品种，总体上讲，菊花的适应性较强，较耐寒，喜凉爽气候，也能耐一定高温，生长适温为15～25 ℃，可耐30～35 ℃高温，休眠期可耐−10 ℃低温，为阳性花卉，且为典型的短日照花卉，每天光照时间须在12 h以下才能进行正常的花芽分化。对水分需求较多，但忌土壤积水，土壤微酸至微碱均可，能耐一定盐碱。

盆栽菊种苗的繁殖以秋季脚芽扦插及春夏季嫩枝扦插为主。10—11月份，植株开花前后，在植株基部陆续产生新芽，取芽之后，剪成4～6 cm，基部用刀片削成平滑斜面，插入疏松培养土，保持温暖、湿润环境，温度15～25 ℃，10～20 d即可生根。春季，选择生长健壮的当年生嫩枝，剪成6～10 cm长的插穗，进行嫩枝扦插，成活率很高，一般可达90%以上，嫩枝扦插一般培育成花朵数较少的盆栽菊花(花朵1～5个)。

盆栽菊栽培管理措施主要有下列方面:① 菊苗上盆。3—4月份，将扦插成活后的菊苗及时上盆，基质用人工培养土，花盆口径一般为20～30 cm;② 肥水管理。菊花生长快、枝叶量大，肥水需要多，除基质中的基肥外，生长时期及时追肥，可用尿素、碳酸铵、复合肥等化肥，每15～20 d一次，盆内撒施，也可用有机液肥浇灌;③ 整形修剪。根据要保留的花朵数不同，采取相应的摘心方式，一般需摘心2～3次，分别在5—6月、7月上旬、8月上旬(立秋)，各摘心一次，促发侧枝，每一侧枝保留一个花朵，及时疏除花枝上的侧枝、侧蕾，并注意调节侧枝的生长势，使整个植株生长均衡。在生长期注意防治蚜虫，可用敌杀死3 000倍液或20%速灭杀丁2 000倍液喷洒预防。在花朵现色时用竹竿、铁丝等对侧枝进行绑扎、固定，以便整个植株的枝条分布匀称，提高观赏性。

(三) 露地花卉生产

常见的露地花卉包括芍药、水仙花、郁金香、大丽花、美人蕉、风信子、花毛茛、鸢尾、萱草、中国石竹、宿根福禄考、金盏菊、三色堇、雏菊、金鱼草、虞美人、鸡冠花、一串红、翠菊、万寿菊、百日草、千日红和藿香蓟等。

1. 芍药(*Paeonia lactiflora* Pall) 芍药科芍药属，多年生宿根草本植物，具肉质根。茎丛生，株高60～80 cm，花单生枝顶，单瓣或重瓣，有紫红、粉红、黄或白色，花期4—5月。品种甚多，花色丰富，花型极富变化，为我国著名花卉，露地成片栽植、盆栽、切花均可。

原产我国北部、日本及西伯利亚。我国分布于东北、内蒙古、华北、华中及华东一带。山东菏

泽、安徽铜陵、亳州为芍药重要产区。同属植物约有35种。

性耐寒,北方可露地越冬;夏季喜凉爽气候。适应性强,生长强健,以砂质壤土或壤土为宜,黏土及砂土虽可生长,但生长不良,盐碱地及低洼地不宜栽培。土壤必须排水良好,但土壤湿润生长最好;如果从秋季到春季土壤保持湿润,则生长开花更佳。在阳光充足处生长旺盛,花多而大,在稍荫处虽也可开花,但生长不良。性喜肥,在贫瘠土壤上生长不良。

以分株繁殖为主,亦可根插和播种繁殖。

分株繁殖　以9—10月为宜,此时气温高,有利于分株后根系伤口愈合及萌发新根,并可在冬季来临之前使根系有一段恢复生长的时间,增强抗寒能力,对翌春生长开花有利。分株过早,易早秋发芽,影响翌年生长;过迟则新根生长不良。

分株时　先将3年以上的植株掘出,震落泥土,阴干稍蔫后,顺自然纹理可分离之处分开或用刀劈开,每丛带有3～5个芽,剪除腐根,注意不要碰伤芽嘴;伤口最好涂以草木灰或硫黄粉以免病菌侵入。选择适宜地段重新栽植,株行距一般为40 cm×60 cm。

根插繁殖　在秋季分株时,收集断根,切成5～10 cm长的小段,扦插于苗床,覆盖5～10 cm厚的细土,浇1次透水即可。

播种繁殖　仅用于培育新品种。播种地选背风向阳、排水良好、富含腐殖质的沙壤土。播种可采用条播和穴播。条播:行距40 cm左右,播深6～7 cm,株距3～4 cm,播后覆土。穴播:穴距20～30 cm,每穴播种4～5粒。播种后当年秋季生根,次年春暖后新芽出土。幼苗生长缓慢,第一年只生1～2片叶,苗高3～10 cm,以后生长加快,3～5年可开花。

芍药根系深,且为肉质根,栽植地应选背风向阳、土层深厚、地势高燥之处。栽植前深耕并施足基肥,如厩肥、骨粉及少量杀虫剂,再深翻1次。株行距,在花坛为90 cm×75 cm,切花为60 cm×45 cm。一般从芽上覆土3～4 cm为好。覆土后,压实,浇透水。

入冬前,叶片枯黄之后,剪去地上部分,在栽植穴上培土20 cm防寒。翌春解冻后,嫩芽出土前,将堆土扒除,平整。春季萌发时,即行施肥浇水,中耕除草保墒。

芍药喜肥,除栽植前施足基肥外,可于花前、花后各集中施肥一次,尿素、碳铵等化肥均可。芍药怕涝,但喜土壤湿润,因此要注意旱浇涝排。

现蕾后及时摘除侧蕾,以便养分集中于顶蕾,使开花肥硕丰满。

2. 水仙花(*Narcissus tazetta* L. var. *chinensis* Roem.)　石蒜科水仙属,球根花卉,是我国传统名花。株高30～50 cm。地下鳞茎肥大成扁球形,由鳞茎皮、鳞片、叶芽、花芽及鳞茎盘等组成,横径约6～8 cm,鳞茎外面有褐色皮膜。花葶自叶丛中央抽出,中空呈绿色圆筒形,顶端着生伞形花序,有花6～12朵,芳香,花被高脚碟状,边缘6裂,白色;副冠浅杯状,鲜黄色;花期1—3月。室内水养可于元旦、春节开放。

中国水仙是多花水仙即法国水仙(*Narcissus tazetta* L.)的变种,有两个品系。全盏银台:花单瓣,黄色,副冠鲜黄色,浓香。玉玲珑:花复瓣,呈黄白相间色,花形大,香气淡。

水仙花大多原产于欧洲中部、北部非洲及地中海沿岸。中国水仙分布在我国东南沿海温暖湿润地区,延至日本和朝鲜,福建漳州、上海崇明、浙江舟山栽培最多,以漳州水仙最负盛名。水仙对环境条件要求是:冬无严寒,夏无酷暑,喜光、喜凉爽气候,要求富含腐殖质、疏松、肥沃、湿润而排水良好的沙壤土。对水分要求严格,需水量大。对温度很敏感,温度高(一般平均温度在25 ℃以上)即进入休眠,一般在6—8月。休眠后在鳞茎内进行花芽分化,秋季萌芽、展叶,冬春

季开花。我国在长江以南地区可露地栽培。

以分球繁殖为主。将地下母球周围分生出的鳞茎侧球(亦称子球、脚芽)掰下于秋季另行栽植,培育二三年后长大成球,方能正常开花。水仙是3倍体,高度不孕,不结实,只能进行无性繁殖,不能采用种子育苗。

水仙大面积生产栽培,尔后作为商品销售,有两种栽培方法。

① 旱地栽培法　此法适宜在水源少的地方栽培。

整地作畦　选择背风向阳、土质疏松、土层深厚的地段,深耕细耙,平整表土,整成宽1.5 m,长8 m(或根据地长)的畦地,施足基肥。

栽植期宜选在霜降(10月下旬)前后。在畦面上开沟栽植籽球,株距约20 cm,行距30 cm,覆土5 cm左右,压实整平后在畦面覆盖稻草以保墒和防止杂草生长。栽后灌透水并经常保持土壤湿润,翌春加强水肥管理,保持园地湿润但不积水。

采收贮藏　芒种前后(6月初),地上部分完全枯萎后,选择晴天掘起鳞茎,切掉须根,剪去叶片,晾干后置阴凉处度夏,进行花芽分化,也可将鳞茎盘和两边相连的脚芽用泥包住,放在阳光下暴晒,泥巴干裂后收藏,秋季再行栽植。经过3年培育,即可成商品球出售,供地栽或水养开花欣赏。

② 灌水栽培法　用水稻田来栽培生产水仙花,整个栽培过程用灌水栽培,干湿交替如同水稻的灌溉管理,所以也称水田栽培法。是我国著名的漳州水仙所特有的生产球茎的栽培方法,在管理上比较严格。

整地溶田　选择背风向阳、排灌方便、富含腐殖质、疏松透气良好的土壤,于8—9月翻耕土地,放水漫灌,浸泡1～2周,待土壤充分浸透后将水排除,并进行多次翻耙。漳州地区常有“七犁八耙”的说法,说明一定要犁烂耙透。然后犁沟成畦,待土壤充分晒干后,打碎土块平整畦面,再上下翻畦,让其松透,每1/15 hm^2 施入600～900 kg圈肥作基肥。然后作高畦,沿每畦四周挖灌溉沟,沟宽30～40 cm,深30 cm,沟底要平,要求全田的畦面高低一致,以便排灌均匀。

选种种植　挑选生长健壮,鳞茎盘小而坚实,球体无病虫害的种球,浸于40 ℃、1∶100的福尔马林溶液中消毒,浸泡5～10 min。霜降前后(10月下旬)在整好的高畦上开沟栽植,株行距20 cm×40 cm,将高畦两侧的道沟灌水,使水分自苗畦底部渗透至床面。为防止水分蒸发,保持床面湿润,隔1～2 d后用稻草覆盖床面,并将稻草的两端垂入水沟。水仙栽种出苗后正值秋季,日照时间较长,生长旺盛,对水分的需要量大,应引水沟灌,保留2～3 d后排干,保持土壤浊润。冬至前后,水仙花鳞茎开始膨大,部分主芽抽开花(及时摘除),要及时灌水,2～3 d排干。翌春梅雨天气要及时排出积水,春旱晴天要引水灌溉。

经3年培育成的含有花芽的水仙鳞茎,常作室内水培,经过精心雕刻,可培育成各种惟妙惟肖的造型。具体做法是 选鳞茎硕大,球体饱满的种球,剥除干枯的表皮皮膜,去除根部护根泥和枯根,以便于迅速生根。根据造型要求雕刻花叶苞、删削叶片。雕刻后,将花头浸入清水中漂洗2 d。浸泡1 d后,应将花头取出,洗净粘液,用纱布蒙盖在鳞茎切口以下,以保护花头不发黄并迅速长根。水仙花头经雕刻、浸泡、洗净、包棉后就可上盆水养,30 d左右开花。

3. 郁金香(*Tulipa gesneriana* L.)　百合科,郁金香属,著名球根花卉。具有扁圆锥形鳞茎,鳞茎皮纸质,紫红色或褐色。茎光滑被白粉,高20～50 cm。花生茎顶,常单生,少数2～4朵,直立,杯状 ;花型有卵型、球型、碗型等 ;花被片6枚,长5～7 cm,有白、红、黄、粉等各种单复色,单

瓣、重瓣均有，花瓣外轮稍尖，内轮短，形状全缘、具缺刻、带褶皱等；花期 3—5 月，花坛、花境应用，盆栽均可。

原产地中海沿岸、中亚细亚、土耳其和我国。野生种全世界约有 100 种，我国产 14 种，主要分布于新疆，在甘肃临洮、河北灵寿、四川西昌等有较大规模的繁殖基地。宜冬季温暖、湿润，夏季凉爽，喜阳光，耐半荫，耐寒。喜排水良好且富含腐殖质的微酸性壤土，忌低湿粘重土壤。最佳生长适温 15～18 ℃，花芽分化适温 17～23 ℃，低温 8 ℃即可生长，超过 25 ℃抑制花芽分化。花朵昼开夜合，一般开放 5～6 d，在天气凉爽、湿度大的情况下可长达 12 d 左右。花谢后地上部分开始枯萎，且在老鳞茎基部发育成 1～2 个可开花新球和 6～7 个子球。郁金香鳞茎在休眠中进行茎、叶、花芽的分化。根再生力弱、易折断，不宜移植。

繁殖方法　以分球及播种繁殖为主。① 分球繁殖。为应用最多的方法，每年花后，将新球及子球挖出，晾干、贮存于阴凉通风处，华北地区于 10～11 月栽植即可。② 播种繁殖。郁金香经人工授粉后比较容易结籽，若自花授粉则结实能力较差，尤其是栽培品种。用种子繁殖，优点是可节省繁殖材料，提高繁殖速度，但自播种至开花需要 3～5 年才能开花，所以，一般在育种时采用播种方法繁殖。种实成熟后，及时采剪果实，晒干，取出种子，贮存于干燥通风处，于 10—11 月份露地播种，播后根系生长，芽萌动，但翌春方可出生。

栽培　① 栽植时间。华北地区一般在 10—11 月份栽培比较适宜。② 土壤。选择背风向阳地势较高的地段，土壤以疏松、肥沃的砂质壤土最好。栽植前，进行深翻，施足基肥（每亩施有机肥 5 000 kg 左右），做哇。③ 栽植密度。株行距可根据具体情况及目的而定，一般可参考：10 cm×15 cm，15 cm×20 cm。④ 栽植深度。若过浅，则易受冻害，若过深，则不易产生新球，并易腐烂一般覆土厚度为鳞茎高度的 2 倍为宜（5～10 cm）。⑤ 栽后管理。栽植后立即灌一次透水，以促进生根，以后视土壤情况适当浇水。土壤封冻后，可用草桔、树叶等覆盖，以免冻球。翌年 2 月底—3 月初，去掉覆盖物，并根据土壤、天气情况，及时灌水，防止干旱。待叶芽开始生长后，可每隔 15 d 左右追施一次化肥或有机液肥，并喷洒杀虫剂，防止蚜虫的发生（氧化乐果等均可），每次浇水后 2～3 d，进行松土。施肥时，可参考下列用量：第一次，幼芽出土后，N 肥 10～20 kg/（1/15 hm^2），磷肥 6～15 kg/（1/15 hm^2）；第二次，现蕾期，过磷酸钙 10～15 kg/（1/15 hm^2），K 肥 5～8 kg/（1/15 hm^2）；第三次，在开花前，过磷酸钙 10～15 kg/（1/15 hm^2），K 肥 10～15 kg/（1/15 hm^2）第四次，在花谢后，用量及肥料种类与第三次相同。花谢后，应适当控制浇水，以免新产生的鳞茎腐烂，待茎叶枯黄后（5 月底—6 月初），要及时挖取鳞茎，否则，时间过长，加之雨水增多，很容易导致鳞茎腐烂。

4. 大丽花（*Dahila pinnata* Cav.）　菊科，大丽花属，又名大理花、大丽菊、地瓜花。球根花卉。具粗大纺锤状肉质块根。株高依品种而定。约为 40～150 cm。头状花序，具长总梗，顶生花径大小因品种而异，约为 5～25 cm；花色丰富，有黄、白、粉、红、紫、墨等颜色；花期 5—10 月。花大色艳，用于露地栽植或盆栽观赏。

原产于墨西哥海拔 1 500 m 以上的高原，栽培品种广布世界各地。在我国东北栽培最盛，南方地区因高温多雨生长不良。性喜阳光充足，干燥，凉爽的环境，不耐寒，忌积水，喜排水及保水性能好、含腐殖质丰富的沙壤土。

常用分球和扦插繁殖，播种繁殖用于培育新品种。① 分球繁殖。母株在生长过程中，产生多个肉质块根，秋季收获分离后贮于室内 2～10 ℃环境，防止冻害，翌春 4 月份重复栽植。② 扦

插繁殖。扦插用全株各部位的顶芽、腋芽、脚芽均可，但以脚芽最好。扦插时间从早春到夏季、秋季均可，以3、4月份成活率最高。扦插约2个星期可生根。为提高扦插成活率，插前将根丛放温室催芽，保持15 ℃以上温度，在嫩芽6～10 cm时，即脚芽长2片真叶时切取扦插。③ 播种繁殖。大多于花坛品种或育种时采用。夏季因湿热而结实不良，故种子多采用秋凉后成熟者。重瓣品种不易获得种子，需进行人工辅助授粉，一般应于9月初上午9—10时为宜，约1个月种子成熟。因大丽花变异性大，需长期多次杂交而选育新品种。春天播种，秋天可开花，生长势较扦插苗及分根者强健。

露地栽植在4月底至5月初进行。为利排水采用高畦。如欲提早花期，可于温室或冷床中催芽，再行栽植。生长期要注意除蕾和修剪，当株高20～30 cm时，摘心一次，促发侧枝。一般每株保留3～8个开花枝，开花枝的侧芽要及时株除。盆栽多选用扦插苗，尤以低矮的中小花品种为好，适于室内观赏。管理时注意节制浇水，以防徒长，增强观赏效果。大丽花喜肥，生长期间7～10 d追肥1次。夏季，植株处于半休眠状态，一般不施肥。若于8月初仅留基部数芽重剪，在新芽抽出后的9月上中旬追浓肥1次，秋凉开花尤为丰满艳丽。

大丽花在霜后地上部完全凋萎而停止生长时，掘出块根，使其外表充分干燥，埋藏于干沙内，维持5～7 ℃。相对湿度50%，待第二年早春栽植。

5. 美人蕉（*Canna indica* L.） 美人蕉科，美人蕉属，球根花卉，根状茎肉质粗壮。株高1.2～1.5 m。总状花序自茎顶抽出，花较小，通常2朵聚生，萼片绿色苞片状，花瓣3枚，萼片状，雄蕊瓣化，花色鲜红。花期6—10月，栽培极为普通，花坛、花境、盆栽均可。

原产热带美洲，我国各地普遍栽培。喜阳光充足，温暖而炎热气候。适应性强，以湿润肥沃、排水良好之深厚土壤生长为宜。耐湿，但忌积水。华南可四季开花，华北不能露地越冬。

以分根繁殖为主，也可播种繁殖。① 分根繁殖。早春将贮存根茎分割成段，每段带芽2～3个及少量须根。栽培深度8～10 cm，株距60～80 cm。② 播种繁殖。种皮坚硬，需以40～50 ℃的水浸种24 h。春季播种，20～30 d发芽，当年可开花。

春天栽植。选高燥地，避积水，栽前施足基肥。如欲提早开花，需在12月份植株枯萎后挖出地下茎，放温室内用湿沙催芽，保持温度20～25 ℃。待休眠芽萌发时分割根茎栽植于室内，3月份出室，可提早2个月开花。

开花前施1次稀薄腐熟粪肥，开花期间再追肥2～3次。开花后及时剪去残花，以免消耗养分，并使新茎相继抽出，开花连续不断。12月份，地上部枯萎后，剪下盖在植株上并培土以备安全越冬。翌春去除覆盖材料，以利新芽出土。

6. 风信子（*Hyacinthus orientalis* L.） 百合科风信子属，多年生球根花卉，鳞茎球形或扁圆形，外皮白色或紫蓝色。株高20～50 cm。叶基生，4～8枚，无叶柄，先端钝圆，呈带状披针形，厚肉质。花葶圆柱状，中空，长15～45 cm，略高出叶丛；顶生总状花序，有小花10～20朵，小花漏斗状而倾斜，花冠具六裂片，反卷；花色丰富，有白、黄、粉、蓝、紫等色。花具芳香，亦有重瓣品种，花期3—5月，用于布置花坛或盆栽观赏。

原产于地中海沿岸及小亚细亚一带，荷兰栽种最多，世界各国广为栽培。性喜凉爽，空气湿润，阳光充足的环境；较耐寒，南方露地栽培即可，北方地区要室内或覆盖越冬；喜肥，要求肥沃，排水良好的砂质壤土，忌低湿粘重土壤。为秋植球根花卉，秋凉开始生根，早春抽叶、开花，夏季炎热时茎叶枯黄而休眠；休眠期进行花芽分化。

常用分球繁殖。6月份休眠后，把鳞茎挖出，去土，阴干后放冷凉通风处贮藏，到了秋天再行栽植。分球不宜在采后立即进行，因分离留下的伤口夏季易腐烂。应在秋季栽植前将子球从母球周围分离。

为秋植球根花卉，于9—10月种植，盆栽或地栽。地栽 需提前1个月左右深翻土地，施入基肥。花坛栽植，株距约为15 cm，栽后覆土5～8 cm，灌透水，并盖草帘保墒。地栽应选背风向阳处，并保持土壤湿润。盆栽 配制肥沃疏松、排水保水性好的培养土栽植，栽植深度以鳞茎的顶部与土面等平为宜，茎芽稍露出一点。栽后浇透水，放置在阳光充足处，保持基质湿润。11月份移入温室。温度保持10～25 ℃。

风信子喜肥，除栽前施足基肥外，生长期每隔10 d左右追施一次稀薄液肥，开花前后各施1～2次腐熟稀薄液肥，花后施肥有利于促进子球生长。

7. 鸢尾（*Iris tectorum* Maxim.）　鸢尾科鸢尾属，球根花卉。根状茎粗而多节，节间短，株高30～60 cm。花茎从叶丛中抽出，几乎与叶等长，1～2枝，每枝着花1～3朵，组成总状花序。花蝶形，蓝紫色，径约10 cm；花期4月下旬至6月上旬。一般露地成片栽植。

原产我国中部，云南、四川及江苏、浙江一带均有分布，性强健，耐寒性强，露地栽培时，地上茎叶在冬季不完全枯萎。对土壤选择性不强，但以排水良好、适度湿润的壤土为宜，粘质土、砂质土也能生长。喜阳光充足，但阴处也能生长。耐干燥。

多用分根繁殖，也可播种繁殖。① 分根繁殖。一般每隔2～4年分根1次，在春、秋两季或花后进行。分割根茎时，每段带2～3个芽，至少带1个芽，割后用草木灰或硫磺涂沫切口，稍阴干后再种。② 播种繁殖。仅用于培育新品种。种子随采随播，播后翌年春季发芽，2～3年开花。若种子成熟后，用温水浸种24 h，再冷藏10 d，播于冷床中，10月间即可发芽。

栽植前施足基肥，常用腐熟油粕、骨粉、草木灰等。生长期用化肥，据生长情况决定追肥次数。栽植深度以土质不同而异，在排水良好的疏松土壤上，根茎部要低于地面5 cm，在粘质土上，根茎顶部则要略高于地面。生长期经常进行中耕除草、浇水管理。花后及时剪除花茎，以免争夺养分。在冬季较寒冷地区，株丛上应覆盖防寒物。

8. 萱草（*Hemerocallis fulva* L.）　百合科萱草属，多年生宿根草本植物。根系肉质。株高约1 m。花茎高出叶丛，顶生圆锥花序，着花10朵左右。花冠漏斗状，花被橘黄至橘红色，共2轮，每轮3片，盛开时花瓣反卷。花期5—8月。花早晨开放，傍晚凋谢，有香味。目前，萱草四倍体已培育成功。其花冠大而厚，花色变化多，花期长。

原产我国南部，各地园林广泛栽培。现世界各国均有应用。性耐寒，北方可露地越冬。喜阳光充足，但也耐半阴。适应性强，生长强健，对土壤选择性不强，但以深厚肥沃而排水良好的壤土为好。

以分株繁殖为主，在春、秋季进行。每2～4年分栽一次。分割时每株丛带2～3芽，按株行距30 cm×40 cm重新栽植。春季分株者，夏季可开花，秋季以9月中下旬为好。

栽植地深翻，并施足基肥，以腐熟圈肥为宜。生长期间每月应追施肥1～2次。

9. 金盏菊（*Calendula officinalis* L.）　菊科金盏菊属，又名金盏花。二年生草本植物。头状花序单生，舌状花黄色，单瓣或复瓣或重瓣。花期4—6月。是很好的春季花坛花卉。

原产南欧加那列群岛至伊朗一带地中海沿岸。适应性强，对土壤及环境要求不严，但以疏松肥沃、排水良好的土壤及日光充足处为最好。有一定的耐寒能力，小苗能抗－9 ℃的低温，但大

苗则易受冻害。

播种繁殖,也可以扦插繁殖。春播、秋播均可。秋播一般在9月中旬进行。若保持土壤湿润,温度在20 ℃左右,7～10 d即可出苗。也可以提早秋播,用于盆栽培养。春播一般在2—3月进行,将其播于冷床或温床,但其幼苗长势不如秋播苗好。若想在春节期间开花,可以于10—11月播于冷床或温床,进行促成栽培。

秋播苗可于10月下旬假植在冷床,进行越冬。由于枝叶大,且生长快,因此早春应及时进行分栽,防止徒长,一般3月下旬就陆续开花,4月定植,5月中下旬进入盛花期。若提早秋播用于盆栽培养,需移入低温温室进行促成栽培,温度保持8～10 ℃,精心管理,冬季可供花。喜肥,因此生长期要保证肥水供应,施肥时氮、磷、钾要配合使用。若缺肥,则会出现花小且多为单瓣,并且极易造成品种的退化。

10. 三色堇(*Viola tricolor* L.)　堇菜科堇菜属,又名蝴蝶花,鬼脸花,猫儿脸。多年生草本植物,常作为二年生栽培。花大,腋生而下垂。花色瑰丽,通常有黄、白、紫等色。园艺品种很多,有大花、纯色、杂色、二色、波缘花瓣等品种。花期4～6月。布置春季花坛或盆栽。

原产欧洲,现我国各地园林中广为栽培。喜凉爽的环境条件,具有一定的耐寒能力,稍耐半阴,炎热多雨的条件下生长不良,且不能形成种子。喜肥沃且湿润的沙壤土,若土壤贫瘠,常可造成品种的退化。种子的发芽力可保持2年。

多用播种繁殖,也可进行扦插繁殖。播种春、秋两季均可进行,但以秋播为好。若为采收种子,最好选择秋天进行播种。春播于3月,播于加底温的温床或冷床。秋播一般是在8月下旬至9月上旬进行。将种子播于露地苗床或直接盆播,播后保持适温15～20 ℃,经10 d左右可发芽。另外,为保持母株的优良性状,也可进行扦插繁殖,但必须剪取植株基部抽生的枝条作为插穗。

当幼苗长至5～6片真叶时开始移植,移植时需带土球。11月定植,定植距离一般为20～30 cm。也可置于风障前覆盖越冬,翌年4月初再进行定植,这样4月下旬就可以开花。比较喜肥,因此生长期间要勤施肥,并经常除去杂草。

11. 雏菊(*Bellis perennis* L.)　菊科雏菊属,多年生草本植物,园林中常作为二年生栽培。头状花序单生,花葶自叶丛中抽出,舌状花多数,花色为白色及淡红,另外还有纯白、鲜红、深红、粉红等色的重瓣栽培品种。花期4—6月。是早春花坛的良好材料。

原产欧洲及亚洲西部,我国各地园林中常见栽培。性强健,具有一定的耐寒能力,可耐零下3～4 ℃的低温;喜冷凉的气候条件,通常情况下可以露地覆盖越冬。喜肥沃、湿润且排水良好的土壤。春天4—6月开花,冷床越冬者可于1—2月零星开花。忌炎热,在6月中下旬,生长势及开花就开始衰退,但若将其置于半阴的条件下,可以延长其花期。

播种繁殖,也可以分株或扦插繁殖。9月进行露地播种,也可以温室内早春播种。播后保持温度在28 ℃左右,约7 d就可以出苗。由于种子比较小,通常采取撒播的方式。但播种苗往往不能保持母株的特征,为了保持母株的优良特性,可以采取分株或扦插繁殖。

耐移植,移植可以促使萌发新根。播种苗有2～3枚真叶时开始移植,4～5枚真叶时定植。喜水,喜肥,生长期间要保证水分供应;追肥要薄肥勤施,一般每两周一次。夏季开花后,可以将老株分开栽植,加强管理,保证肥水供应,当年秋季仍可以开花。

12. 金鱼草(*Antirrhinum majus* L.)　玄参科金鱼草属,又名龙口花,金鱼花。多年生草本植物,常作二年生栽培。植株高度因品种不同分为高、中、矮三种类型。一般在20～90 cm之间。

总状花序顶生，花二唇状，基部膨大成囊状。花色有红、粉、白、黄、紫各色，也有复色，花期3—5月，用于布置花坛、花境。

原产南欧地中海沿岸及北非，现分布于我国各地。植株健壮，较耐寒，幼苗期生长缓慢。好阳光略耐半阴。若光照不足，易导致植株徒长，影响开花。喜排水良好、肥沃的粘质壤土。

播种或扦插繁殖。播种可于9—10月进行，小苗经过分栽于霜降前带土起出，假植于阳畦内越冬。如于10月上盆移入7～13 ℃的室内，1月可开花。也可春季3—4月播于阳畦或温床，9—10月开花，但不如秋播的生长好。为了保持优良种性或在缺少种子时，可用扦插繁殖。

定植距离：高型40～50 cm，中型25～30 cm，矮型15～18 cm。如果作花坛布置，栽植距离可缩小。高、中型品种，当植株长至4～5节时进行摘心，促使多生分枝，花穗增多，植株矮化。如植株不作采种，花后应及时将花穗剪除。除栽植前施用基肥外，应在生长期施用1～2次追肥，并经常注意灌水，保持土壤湿润，促使植株生长旺盛。若在7月中下旬进行重剪，加强肥水管理，可于国庆节期间再次开花。若作为温室栽培，可使其冬春开花。

13. 鸡冠花（*Celosia cristata* L.） 苋科青葙属，又名鸡冠，一年生草本植物。花序肉质顶生，扁平似鸡冠而得名。花序有黄、橙、红、玫瑰紫及红黄相间等色，花期7—10月，各地应用非常普遍，用于花坛、花境或盆栽。

原产印度，现在分布于我国各地。喜高温，不耐寒，需空气干燥和阳光充足的环境，以肥沃砂质壤土生长最好。为异花受粉植物，品种间极易天然杂交。

播种繁殖。播种期的早晚决定于品种的类别。对高大的品种因生长期较长，播种过晚因秋寒而结实不佳，花期也短，最好在3月份播种于温床。一般品种可于4、5月间播于露地。早花种至6月中旬播种，10月初仍能开花。播种时要求日间温度21 ℃以上，夜间不低于17 ℃，约需6～8 d出苗。出苗后适当间苗。幼苗长出数片真叶时移植，移植要带土团。

露地生长期间，应保持土壤肥沃湿润，但雨季应注意排涝，否则易死苗。喜肥，基肥要充足，生长期再施追肥1～2次，为异花受粉植物，品种易混杂，应适当隔离种植。

14. 一串红（*Salvia splendens* Ker－Gawl.） 唇形科鼠尾草属。又名串红、墙下红，爆竹红，西洋红。多年生草本植物。总状花序顶生，花萼、花冠为鲜红色，集成一串。常见的栽培品种还有一串白、一串紫。另外，植株也有高矮型之分。花期5—10月，用于布置花坛或盆栽陈列观赏。

原产南美巴西，现各地均有栽培。不耐寒，常作一年生栽培，喜温暖湿润，忌干热气候，生长最适温度为20～25 ℃，如温度高于30 ℃则叶、花均小，时间长了逐渐枯死。喜阳光充足但也能耐半阴。适合疏松肥沃的土壤。

播种与扦插繁殖。一般在3月下旬至5月下旬播于露地苗床。如供翌年“五一”节应用，可在头年的9月中下旬播种，10月下旬移入温室过冬。浸种时出现大量粘液，可用河沙搓洗，然后再催芽、播种。扦插繁殖时，只要温度控制在15 ℃以上，任何时期均能扦插成活。通常6—8月在露地扦插，插条约10～20 d生根。扦插苗开花较实生苗快，植株高矮也易控制。

喜疏松肥沃土壤，栽培前应施基肥，生长期应追肥1～2次，花前增施磷、钾肥。生长期不喜水量过大。空气湿度应适当，如过干则易造成落花、落叶；过湿则枝叶又易腐烂。从小苗3～4对真叶时即应开始摘心。如欲使它10月初开花，应于9月5日前将顶端花蕾全部摘除，以后新生的花蕾可正值节日盛开。

15. 万寿菊（*Tagetes erecta* L.） 菊科万寿菊属，又名臭芙蓉。一年生草本植物。植株有

高、中、矮3种。头状花序单生于枝顶，花黄色及橙黄色，花径5～10 cm。花型变化较多，但多为重瓣。花期5—10月，用于布置花坛或盆栽。

原产墨西哥，现在我国各地均有栽培。喜温暖、湿润及充足的阳光，抗逆性强，对土壤要求不严，能抗旱霜危害。

播种或扦插繁殖。播种于4月下旬至5月上旬进行，播于露地苗床。为了控制植株高度可夏播，60 d左右即可开花。夏季也可露地扦插，略予遮荫，极易成活。插后2周生根，约1个月即可开花。

栽培简单，移植易成活，生长迅速。对早播者应于花前设立支架，以防倒伏。由于植株较大，定植时株行距最少应在30 cm以上。为增加分枝，可在生长期间进行摘心。

第二节　观赏树木

一、概况

植物造景是世界园林发展的趋势，而在植物造景中，观赏树木因其种类丰富、体量大而成为景观构成最重要的基本素材。所谓观赏树木，就是指观赏价值高，适宜作园林建设和城乡绿化的树种。随着我国园林事业和城市化的发展，对观赏树木的需求越来越多，专业化的观赏树木生产基地不断出现。

我国是世界上树种资源最丰富的国家之一，约有8 000种左右。许多著名的观赏树种以中国为分布中心。如现在成为欧洲重要观赏植物的杜鹃花，全世界有800种，中国有600余种，而山茶、槭树、丁香、紫藤、桂花、腊梅、牡丹等重要观赏树木均以中国为分布中心或特产于中国，因而在欧洲流行着“没有中国的花木，就称不上一个花园”的说法。

观赏树木生产，不同于一般的造林苗木培育，主要表现在以下几个方面。首先，观赏树木的种类繁多，既包括高大的乔木树种，又包括大量的花灌木和木本地被植物，其中许多是人类长期栽培培育的观赏品种。各类观赏树木因生物学特性和生态特性不同而生产栽培技术亦各不相同。以现代月季为例，自19世纪以来，经反复杂交、长期选育而成的现代月季已形成包括大约3万个品种的6大品种群。其次，苗木规格不同。林业上造林用苗木一般为一年生，而且以播种育苗为主要繁殖方式，而观赏树木因园林造景的需要，多以大苗为主，有时甚至要求以大树移植代替大苗而迅速形成景观效果。例如，作为行道树应用的悬铃木、国槐应4～5年生，高3 m以上，胸径4～5 cm左右，而银杏的播种苗则需要7～8年才能出圃，作园景树应用时更常常直接应用成型大树。

观赏树木生产栽培技术的发展，同其他植物一样，经历了从传统的播种、扦插、嫁接繁殖，到近代的组织培养等新技术的发展过程。仅以扦插而言，从最早的硬枝扦插到嫩枝扦插，加之全光喷雾技术和植物激素的应用，许多传统意义上不能扦插繁殖的树种在生产上已经可行。如竹类植物传统上以地下茎进行营养繁殖，但是，现在散生竹的组织培养和扦插繁殖技术已经获得了新的突破，繁殖系数比传统繁殖方法相比大大提高。不过，从总体而言，在组织培养等新技术已经

成为不少花卉育苗主要方法的今天，传统繁殖方法仍然是观赏树木生产的主流。

在园林应用中，一般按照生长习性、观赏特性、园林用途对观赏树木进行分类。按生长习性分类，可以分为乔木、灌木、藤本，并有常绿树和落叶树之分；按观赏特性可分为形木类（即观形树种，如雪松、垂柳）、叶木类（即观叶树种，如鹅掌楸、红枫）、花木类（即观花树种，如牡丹、月季）、果木类（即观果树种，如南天竹、柿）、枝干类（即观枝干树种，如白皮松、红瑞木）；按园林用途可分为孤植树类、绿荫树类、行道树类、绿篱树类、花灌木类、垂直绿化类、木本地被类和防护树类等。

孤植树又称标本树、独赏树、赏形树或独植树，指个性较强，观赏价值高，在园林中适于孤植的树种。标本树主要表现树木的体形美，可以独立成为景物供观赏用。适宜作标本树的树种，应当树体高大雄伟，树形优美，具有特色，而且寿命较长，通常选用具有美丽的花、果、树皮或叶色的种类。世界著名的五大公园树种——雪松、南洋杉、金钱松、金松、巨杉均可作为标本树应用。绿荫树指枝叶繁茂，可防夏日骄阳，以取绿荫为主要目的树种。其中植于庭院、公园、草坪、建筑周围的又称庭荫树，植于道路两边的又称行道树。在北方，行道树一般选用落叶树种，常用的如国槐、毛白杨、白蜡、悬铃木等。绿荫树是园林中应用最广泛的树木，种类繁多，大多以播种方法繁殖，但苗期管理和栽培技术因种类不同而异。庭荫树和行道树一般也不加专门的整形，而是采用自然树形。庭荫树的主干高度没有固定的要求，视树种的生长习性而定；行道树的主干高度以不妨碍车辆和行人通行、不遮挡视线为准，一般以 2.5～4 m 为宜。园林中常用的绿荫树有松类、柏类、樟树、榕树、银桦、广玉兰、女贞等常绿树，银杏、水杉、毛白杨、垂柳、旱柳、榉树、枫香、悬铃木、鹅掌楸、合欢、国槐、臭椿、黄栌、元宝枫、七叶树、椴树、梧桐、白蜡等落叶树。花灌木类指具有美丽芳香的花朵或色彩艳丽的果实的灌木和小乔木。种类繁多，用途广泛，是园林中最重要的绿化材料。如牡丹、腊梅、海棠、石榴、绣线菊、溲疏、棣棠、碧桃、丁香、木槿、锦带花、南天竹、桂花、山茶、杜鹃等。绿篱树指园林中用来分隔空间、屏障视线，作范围或防范之用的树种。依用途，绿篱可分为保护篱、观赏篱和境界篱。常用的绿篱树种有黄杨、大叶黄杨、小叶女贞、珊瑚树、枸骨、蔷薇等。垂直绿化类指在园林中用作棚架、凉廊、墙面等处作垂直绿化的植物，如适于棚架绿化的葡萄、猕猴桃，适于凉廊绿化的紫藤、木通，适于墙面绿化的爬山虎、五叶地锦。竹类植物均为常绿性，有乔木，也有灌木，由于其生物学特性、生态习性和繁殖栽培方式均比较独特，不同于一般的园林树木，故常单列为一类。

二、栽培技术

（一）乔木

1. 雪松（*Cedrus deodara*）　松科，雪松属。树体高大，树形优美，是世界五大公园树种之一，我国各地普遍栽培。最适宜孤植或 2～3 株丛植于草坪、大型花坛和广场，一般不宜和其他树种混植。原产于喜马拉雅山西部。我国已有近百年的栽培历史。喜温暖，但大苗可耐短期的 −25 ℃低温。阳性树，苗期及幼树较耐荫；喜土层深厚而排水良好的微酸性土，忌盐碱；耐旱力强，忌积水。浅根性，大树易遭风害。

可用播种、扦插和嫁接等法繁殖，但因自然结实率低，种子不易获得而以扦插法应用最多。扦插可于春季或雨季进行，应选择地势高燥、排水良好、土质疏松的壤土或以蛭石、珍珠岩为插壤，选用生长健壮的幼龄（10 年生以下，最好用 5 年生以下）母树上的一年生侧枝，剪成 12～

15 cm长的枝段(带梢)作插穗,插前用 500×10^{-6}萘乙酸溶液快浸 3～5 s 或用 50×10^{-6}溶液浸 24 h。插深为插穗长度的 1/3～1/2,密度以株行距 5 cm×10 cm 为宜。平时注意遮荫,经常喷水,保持叶片湿润,但应防止插壤水分过多以免烂根。一般插后 1～2 个月内陆续生根。播种繁殖可冬播或春播,生产上以春播为主。播前不必进行催芽处理,可以将干藏的种子浸种 1～2 d 即可。条播,行距 10～15 cm,每米长播种 8～10 粒,每 1/15 hm^2 用种量 2.5～3.5 kg,覆土厚 1～1.5 cm。幼苗出土初期应适当遮荫,防止立枯病和地下害虫为害。一年生苗高 15～20 cm,小苗移栽成活率高,二年生苗木移植应带土球以保证成活率。在园林中,常用 2 m 以上的雪松大苗进行定植,时间以 4—5 月为宜,应带土球,并悉心保护顶芽。

2. 圆柏(*Sabina chinensis*) 柏科,圆柏属。常见栽培的品种有龙柏、鹿角桧、塔柏、球柏、金球柏等。是北方著名的园林绿化树种,在公园、庭院中应用普遍,列植、丛植、群植均适。原产华北、东北及以南地区,朝鲜、日本也有。耐寒而且耐热;喜光,但耐荫能力也强;对土壤要求不严,能生于酸性土、中性土或石灰质土中,对土壤的干旱及潮湿均有一定抗性;抗污染,对二氧化硫、氯气、氟化氢等多种有毒气体均有较强的抗性。

播种繁殖,各品种采用扦插或嫁接繁殖。播种在春季进行,播前应进行种子处理,可提前 3 个月将洁净种子浸于 5%福尔马林溶液中消毒 25 min,用水洗净后,在 5 ℃左右的环境中进行层积处理,待种子开始萌芽时即可播种。撒播或条播,条播行距 15～20 cm,覆土厚度约 1 cm,播后 20 d 发芽出土,约 1 个月内小苗出齐。幼芽带壳出土,应注意防止鸟害。及时除草,适当追肥 1～2次,以促进生长。苗木高 2～3 cm 时进行第一次间苗,全年间苗 2～3 次。一年生苗高 10～20 cm 左右,第二年留床或移植,二年生苗高约 30～40 cm,3 年生苗(高约 60～80 cm)可用于园林绿化。作行道树时,一般选用 5～6 年生苗木。龙柏、金球柏、铺地龙柏、鹿角桧等常用嫁接繁殖或扦插繁殖,以龙柏为例说明。龙柏嫁接在 5 月前后进行,一般选用地径 3～4 cm的健壮圆柏或侧柏实生苗为砧木,以一年生发育健壮的龙柏为接穗,多采用腹接和劈接。扦插繁殖于 3—4 月进行,从 10～15 年生母树上采剪插穗,长 15～20 cm,去掉下部枝叶,以 200×10^{-6}萘乙酸溶液浸泡基部 14 h,或用 500×10^{-6}液快浸,株行距 5×15 cm,入土深度 5～8 cm,覆盖芦帘或遮荫网遮荫,约 4 个月左右生根。扦插后应加强管理,其中 5—6 月是关键。园林中应用的龙柏大苗,要求根系发达,树冠匀称向上,在苗圃中应经多次移植,一般第三年移植的株行距 40 cm×60 cm,第四年为 80 cm×80 cm,第五年为 100 cm×100 cm。

3. 水杉(*Metasequoia glyptostroboides*) 杉科,水杉属。著名的活化石树种,树冠圆锥形,姿态优美,秋季叶片变为古铜色,甚为美观,在园林中最适于列植成行,也可丛植、成片林植,可用于堤岸、湖滨、池畔的绿化。我国特产,分布于华中。阳性树,喜温暖湿润气候,抗寒性颇强,在东北南部可露地越冬。喜深厚肥沃的酸性土或微酸性土,在中性至微碱性土上亦可生长,能生于含盐 0.2%的盐碱地上;耐旱性一般,稍耐水湿,但不耐积水。

播种或扦插繁殖。播种在春季进行,因种粒细小,幼苗柔弱,忌旱怕涝,圃地应选择地势平坦、排灌方便的疏松沙质壤土。撒播或条播,条播行距 25 cm,每 1/15 hm^2 播种量 1 kg 左右,播后适当覆盖细土,以不见种子为度。约 10 d 后种子萌发,20 d 基本出齐苗,此时易遭鸟害,需注意防止。幼苗生长慢,根系浅,宜经常浇水并适当遮荫,以防日灼。当年苗高可达 40～60 cm,个别生长较好的可高达 1.5 m。扦插应选用 1～3 年实生苗上的一年生枝作插穗,且以枝梢和中段最好,枝梢在粗度 0.25 cm 以上均具较高的成活率 如插穗采自 10～15 年以上母树,以发育充实

的中段为佳。插穗长10～14 cm，入土深度占插穗的一半，每1/15 hm^2 扦插2万～3万株为宜，可采用行距18～20 cm，株距8～12 cm。春插、夏插、秋插均可，生产上多采用春插。春插在3月中上旬进行，6月中上旬当气温稳定在20 ℃以上时，插穗普遍生根。3年生以上的苗木可出圃用于园林绿化。水杉移栽宜带土球，注意保护顶芽。

4. 毛白杨（*Populus tomentosa*） 杨柳科，杨属。树干通直，树皮灰白，树体高大、雄伟，在园林中可作庭荫树或行道树，因树体高大，尤其适于孤植或丛植于大草坪上，或列植于广场、干道两侧，则气势严整壮观。我国特产，主要分布于黄河流域。阳性树，不耐荫；对土壤要求不严，在酸性土至碱性土上均能生长，在深厚肥沃、湿润的土壤上生长最好；耐旱性一般，在特别干瘠或低洼积水处生长不良。寿命长，是杨树类中寿命最长的种类。

可用埋条、扦插、嫁接和分蘖等法繁殖，但以嫁接法应用最多，常用扦插易于生根的加拿大杨及各种杂交杨为砧木，切接、腹接、芽接均可，成活率可高达90%以上。当年秋末在近地面处剪去苗株，次年重新萌发的新苗秋后可高达3～4 m，而且苗干通直。由于毛白杨一般作行道树和庭荫树使用，为获得主干通直、分枝合理的大苗，在苗期应加强整枝修剪工作，主要是摘除侧芽、保护顶芽，促进高生长，并在出圃前至少移植一次。园林绿化中所用的毛白杨大苗一般要求至少4年生，高3 m以上，栽植时期以早春或晚秋为佳，宜深栽。

5. 垂柳（*Salix balylonica*） 杨柳科，柳属。树冠丰满，生长迅速，枝条细长，柔软下垂，姿态优美，在园林中最适宜于水边种植，植于水滨、桥头、池畔、堤岸作绿化树种，也可植于庭院、草坪作庭荫树或行道树。主要分布于我国长江流域及其以南地区，华北、东北早有栽培。喜光，喜温暖湿润气候，较耐寒；对土壤要求不严，最适于湿润的酸性至中性土，但也能生于高燥之地。耐干旱能力较旱柳稍差，特耐水湿；根系发达，萌芽力强，对有毒气体抗性较强，并能吸收 SO_2，适于工厂厂区绿化。

以扦插繁殖为主，也可进行播种繁殖。垂柳扦插极易成活，在春季、秋季和雨季均可进行，生产上多早春扦插。选择生长迅速、姿态优美、无病虫害的优良雄株为采条母树，剪取2～3年生粗壮枝条，截成长15 cm左右的插穗。扦插株行距以20 cm×30 cm为宜，直插，插后充分浇水，成活率极高。用作园林绿化的垂柳，一般选用高2.5～3 m，粗3.5 cm以上的大苗。垂柳栽植成活容易，宜在秋季落叶后至早春萌动前进行。当树龄较大，出现衰老时，可进行平头状重剪更新。

6. 悬铃木（*Platanus hispanica*） 悬铃木科，悬铃木属，又名英国梧桐、二球悬铃木，是世界“行道树之王”，树形雄伟端庄，叶大荫浓，干皮光滑，适应性强，世界各地广为栽培。同属常见栽培的尚有一球悬铃木 *P. occidentalis* 和三球悬铃木 *P. orientalis*。

三球悬铃木原产于欧洲至西亚，一球悬铃木原产于北美，悬铃木为以上二者的杂交种，抗性最强，也是我国栽培最多的一种。均为温带树种，适应性强。喜光，耐寒、耐旱，也能耐湿；对土壤要求不严，无论酸性、中性或碱性土均可生长，并耐盐碱。萌芽力强，耐修剪。

播种和扦插繁殖。因种粒细小，播种育苗时整地应细致，适当密播，每1/15 hm^2 用种量10～12 kg，覆土0.5 cm。多春播，播前用冷水浸种，播后3周可出苗，及时设置荫棚遮荫，待形成4片真叶时可撤除荫棚。当年苗高可达1 m，在苗圃中继续培养3～5年可出圃用作行道树。扦插法采用硬枝扦插，插穗宜选取10年生以下母树发育良好的一年生萌枝，冬季落叶后采集插穗，剪成15～20 cm长，下端剪口在芽以下1 cm左右，剪口为斜口或平口均可，沙藏于高燥向阳处，次春3—4月间直接进行大田扦插，株行距以30 cm×30 cm为宜，一年生苗高约1.5 m，第二年隔株移

植，株行距变为 60 cm×60 cm，截干促使萌发新条，第三年留床，冬季定干。5 年生的大苗，具有主枝和一级侧枝，符合行道树的要求，可出圃定植。

7. 樱花（*Prunus serrulata*）　蔷薇科，李属。樱花妩媚多姿，繁花似锦，既有梅花之幽香，又有桃花之艳丽，是春季重要花木。可孤植、丛植于草地、房前，既供赏花，又可遮荫；如群植成片，以常绿树为背景效果更佳。其他常见栽培的种类还有日本樱花 *P. yedoensis* 和日本晚樱 *P. lannesiana*。

喜光，略耐荫；喜温暖湿润气候，但也耐寒、耐旱。对土壤要求不严，但不喜低湿和土壤粘重之地，不耐盐碱。浅根性。对烟尘的抗性不强，但强于日本樱花。

播种或嫁接繁殖，播种繁殖主要用于培育砧木和选育品种，种子有休眠期，必须沙藏以打破休眠。秋季果实成熟应及时采收，洗去果肉后混以湿沙贮藏，经常检查，防止过湿（引起种子霉烂）或过干（引起种子丧失发芽力），翌春播种。嫁接繁殖可用樱花实生苗或樱桃作砧木，常用切接法（3 月下旬），也可芽接（8 月下旬），砧木一般为 3 年生苗。此外，樱花树干基部萌蘖颇多，可分蘖或压条繁殖。樱花移植宜在秋季进行，幼树整枝可于春季花后进行。

8. 国槐（*Sophora japonica*）　豆科，槐属。常见栽培的品种有龙爪槐和五叶槐等。国槐是华北地区的乡土树种，树冠宽广、枝叶茂密，是重要的行道树和庭荫树，栽培历史悠久。龙爪槐树冠伞形，是中国庭院中传统的绿化树种，最适于对植于门前或列植路边、建筑前。五叶槐叶形奇特，宛若绿蝶栖止树上，堪称奇观，最宜孤植或丛植于草坪和安静的休息区内。喜光，略耐荫，喜深厚肥沃而排水良好的沙质壤土，但在石灰性、酸性及轻度盐碱土（含盐 0.15%左右）上也可正常生长。较耐干旱瘠薄，不耐水涝。萌芽力强，耐修剪。抗污染，对 SO_2、Cl_2、HCl 等有毒气体抗性较强。

国槐常用播种繁殖，龙爪槐和五叶槐以国槐为砧木嫁接繁殖。播种苗一般需经过 4～5 年才能出圃，用于园林绿化。秋季 10 月份果实成熟后采收，用水浸泡后搓去果肉，出种率 20%左右。可秋播，也可干藏或沙藏越冬，翌春播种。干藏者在播种前 20～25 d 用 80～90 ℃热水搅拌浸种 4～6 h 后混 2 倍湿沙催芽，待种子有 1/3 裂口后即播，每 1/15 hm^2 播种量 10 kg。第二年春，将一年生苗崛起，按 40 cm×60 cm 的株行距移栽，加强管理，培养根系，于秋季平茬并堆肥越冬；第三年注意培养主干，主要工作是除萌和控制侧枝生长，当年苗高可达 2～2.5 m；第四年按 1 m 株行距移植，培养主干高 2.5～3 m，并选留 3～5 个侧枝作主枝；第五年主要培养树冠，秋季出圃，可用作行道树或庭荫树。嫁接繁殖常用枝接（3—4 月）及方块芽接（7 月前后），接穗分别用去年生枝的休眠芽和当年生枝的新生芽。

9. 元宝枫（*Acer truncatum*）　槭树科，槭树属。树冠伞形，绿荫浓密，叶形秀丽，春叶紫红，秋叶或红或黄，是著名的秋色叶树种，可广泛用作行道树、庭荫树，也可配植于水边、草地和建筑附近。在松林中点缀数株，秋季则万绿丛中一点红，引人入胜。分布于我国黄河中下游各省。弱阳性，耐半荫，喜生于阴坡和半阴坡；喜温凉气候和肥沃、湿润而排水良好的土壤，在酸性、中性和钙质土上均可生长。有一定的耐旱力，但不耐涝，土壤太湿容易烂根。萌蘖力强，深根性，抗风。耐烟尘和有毒气体。

播种繁殖　秋季当翅果由绿变黄时即可采收，晒干后风选净种。种子采收后干藏越冬，次年春天播种。播前用 50 ℃左右的温水浸种 2～3 h，捞出后混以 2 倍湿沙，置于室内催芽，每隔 2 天翻倒 1 次，约 2 周后，有 1/3 左右的种子开始发芽时即可播种。条播，行距 60 cm，覆土厚 1～

2 cm,幼苗出土后半个月可间苗,并在雨季注意排涝。一年生苗木可高达 1 m。元宝枫的干性较差,应注意培养主干。此外,也可进行嫩枝扦插。4～5 年生苗可出圃定植。

10. 梧桐(*Firmiana simplex*) 梧桐科,梧桐属。树干端直,树皮光滑翠绿,叶缺如花,发芽晚、落叶早,是绿荫树佳选,中国古典园林中常用,适于房前、亭边、草地、水边种植,如与竹子相配,色彩调和,甚感适宜。阳性树,喜温暖湿润的气候,不耐严寒;对土壤要求不严,在酸性、中性和钙质土上均可生长,但不宜在积水和盐碱地区栽培。深根性,直根粗壮,根肉质,怕涝,积水 5 d 以上就会死亡。萌芽力较弱,一般不宜修剪。对多种有毒气体抗性强。幼年期速生,以后生长变缓。

播种繁殖 也可根插育苗。秋季果实成熟时采收,晒干脱粒后当年秋季播种。也可干藏或沙藏至翌年春季播种,干藏种子在播前需进行温水浸种催芽处理,否则发芽极不整齐。条播,行距 25 cm,覆土厚 1.5 cm,每亩播种量 15 kg,4～5 周发芽出土。一年生苗高 50～70 cm,第二年春季移植一次,第三年生长加快,3 年生以上苗木可出圃定植。大树移植容易成活。

11. 紫薇(*Lagerstroemia indica*) 千屈菜科,紫薇属。树姿优美,干皮光洁,花期长而且开花时正值盛夏,是著名的花灌木。可修剪成乔木型,于庭园门口、堂前对植,路旁列植,或草坪、池畔丛植、孤植;也可修剪成灌木状,专用于丛植赏花。喜光,稍耐荫;喜温暖气候,有一定的抗寒力;喜肥沃湿润而排水良好的石灰性土壤,在中性至微酸性土壤上也可生长。耐干旱,忌水涝。萌蘖性强。

可用分株、扦插、播种繁殖。播种可得大量健壮而整齐的苗木,因而常用。秋季果实成熟时及时采收,以防种子散落。干藏至翌春 2—3 月播种,一般采用条播。在小苗生长期,要保持土壤湿润,当苗高 10～15 cm 时,每隔 15～20 d 施薄肥一次;立秋后,施一次过磷酸钙,每 1/15 hm^2 15 kg。生长健壮的苗木当年就可开花,第 2 年则大量开花,但幼苗开花对苗木生长不利,因此应及时摘除花蕾。扦插繁殖多在春季萌芽前进行,选一、二年生旺盛枝条,截成 15～20 cm 的插穗,插入土中 2/3,注意保湿,成活率可达 90%以上;还可采用老干扦插,即选取 3 年生以上枝干截成长 20～30 cm 作插穗。

12. 白蜡(*Fraxinus chinensis*) 木犀科,白蜡属。树形端正,树干通直,枝叶繁茂,秋叶橙黄,是优良的秋色叶树种。在园林中可作庭荫树、行道树栽培,也可用于水边、矿区的绿化。适应性强。喜光,稍耐荫;耐寒性强;对土壤要求不严,在干瘠沙地、低湿河滩、碱性、中性和酸性土壤上均可生长,耐盐碱;耐干旱和耐水湿的能力都很强。根系发达,萌芽力和萌蘖力均强,耐修剪。抗污染,对多种有毒气体有较强抗性。

播种或扦插繁殖。播种在秋季或春季进行均可,秋播当年不出苗。春播在 3 月进行,播前用温水浸种 24 h 或用冷水浸种 4～5 d,也可混湿沙室内催芽后再播,每 1/15 hm^2 播种量 3 kg。在盐碱地区,用盐水浸种可增强耐盐力。一年生苗高 30～40 cm。扦插繁殖一般采用硬枝扦插,于春季发芽前随采随插,约一个月生根,此后要经常抹去下部萌芽,以保证顶芽生长,形成通直的苗干。幼苗移植后生长较慢,苗期不宜每年移植。一般 4～5 年可出圃定植。

(二) 灌木

1. 山茶(*Camellia japonica*) 山茶科,山茶属。中国传统名花,栽培历史悠久,早在隋唐时期,已见于庭园。山茶叶色翠绿而有光泽,四季常青,花大而美丽,品种繁多,花期长,从 11 月至次年 3 月开花不断,是园林中常见的观赏花木。山茶属有 200 余种,主产中国,除了山茶外,栽培观赏的还有云南山茶 *C. reticulata*、茶梅 *C. sasanqua* 等。喜温暖湿润气候,不耐酷热和严寒,最适生长温度 20～25 ℃。适生于肥沃湿润、排水良好的微酸性土壤(pH5～6.5),不耐碱性土。喜

半荫，以侧方遮荫生长最好。根肉质，忌土壤黏重和积水。播种、扦插、压条或嫁接繁殖，播种繁殖多用于培育砧木。由于种子含油量高，不耐贮藏，宜秋季采后即播，覆土 2～3 cm，经 1 个月可陆续发芽。苗期适当遮荫，冬季注意防寒。一年生苗高约 10 cm，第二年春天移植后继续培养。扦插繁殖于 6—7 月进行，选取当年已停止生长、呈半成熟状态的新梢作插穗，以粗 3～4 mm，顶端带 2 片叶的为好，插穗长 8～12 cm，下剪口距节部 1.5 cm。插床应选择半荫处，搭设双层荫棚，侧面挂帘以遮荫防风，插穗株行距以 6 cm×12 cm 为宜。经 4～5 周左右可产生愈伤组织，再经过 4 周可生根。生根后去除一层荫棚，逐渐增加光照以利于苗木木质化和根系发育。在插穗缺少时，也可采用单芽扦插，即插穗为仅带有一叶一芽，长度仅 1.5～2 cm。嫁接繁殖用于一些扦插不易生根的品种，以山茶实生苗或扦插苗为砧木，多采用靠接法，5—6 月间进行。

2. 桂花（*Osmanthus fragrans*）　木犀科，木犀属。我国传统花木，有丹桂、银桂、金桂和四季桂等四大类品种，四季常青，花期正值中秋，浓香四溢，适于对植房前，列植路旁，或丛植于草坪、庭院。喜光，稍耐荫；喜温暖湿润和通风良好的环境，不耐严寒；喜排水良好的沙质壤土，忌黏重土壤、涝洼地、盐碱地；对 SO_2、Cl_2 等有中等抗性。多用嫁接繁殖，压条、扦插、播种也可。嫁接可用小叶女贞、女贞、小蜡、白蜡、流苏等为砧木，北方以流苏应用较广，南方多用女贞和小叶女贞，但仍以桂花实生苗为最好，靠接、芽接均可。压条分地面压条和空中压条两种，以前者应用较广，在 3—6 月间，选用 1～2 年生的枝条，压入 3～5 cm 深的沟内，壅土平覆沟身，用竹片或木桩固定被压的枝条，仅使梢端和叶片留在土外，经 2 年后可与母树分离。扦插多用嫩枝，在 6—8 月间进行，插穗长 8～12 cm，粗 0.3～0.5 cm，上部留 4～5 片叶，用 50×10^{-6}萘乙酸浸泡 10～12 h，扦插密度为行距 10～20 cm，株距 3 cm，每 1/15 hm^2 可扦插10 万条左右，插后采用双重荫棚遮荫，在气温 25 ℃左右时，约 2 个月可生根，生根率可达 90%以上。也可采用播种繁殖，果实 4—5 月成熟后采收，洒水堆沤，清除果肉，阴干种子，混沙贮藏半年左右以完成后熟，至当年秋季播种。条播，播种量 300 kg/hm^2，可产苗木 2.5～3 万株，当年苗高 15～20 cm，留床生长 2 年，第三年春季移栽培育大苗。

3. 牡丹（*Paeonia suffruticosa*）　毛茛科，芍药属。我国传统名花，隋唐时期即广为栽培，品种繁多，自明代后，栽培中心为山东菏泽。牡丹花大而美，姿、色、香兼备，素有“花王”之称，被誉为“天香国色”，园林中可成片栽植，建立牡丹园，也可在门前、坡地专设牡丹台、牡丹池，孤植或丛植几株。

原产于中国西部及北部。喜温暖而不耐湿热，较耐寒；各品种对光的要求略有差异，但大多数品种喜光，忌夏季暴晒，侧方遮荫为佳，尤其在开花季节可延长花期并保持纯正的色泽；深根性，具有肉质直根，耐旱，忌积水；喜深厚肥沃而排水良好的沙质壤土；较耐碱，在 pH8 的土壤中可正常生长。

播种、分株和嫁接繁殖，其中以后两者常用。分株繁殖适于各品种，在 9—10 月间进行，将 4～5年生丛生植株挖出，去掉根上附土，阴干 1～2 d 后，短截茎干，用手或利刀将植株顺势分为 3～5份，每份必须带有适当根系和至少3～5个蘖芽，切口处用 1%硫酸铜溶液消毒，晾干后即可栽植。嫁接繁殖也在 9—10 月间进行，一般以芍药的肉质根作砧木，选用大株牡丹根际上萌发的新枝或枝干上一年生短枝作接穗，采用枝接法，接穗削成一侧厚、一侧薄，接后用麻绳捆牢，沾泥浆后栽植。此外，为了培育牡丹新品种，可以播种经过人工杂交或天然杂交的牡丹种子。

栽培牡丹最重要的问题是选择和创造适合的环境条件，尤其注意不能积水。定植前应先整

地和施肥,株行距 80～100 cm,植穴大小和深度一般为 30～50 cm,栽植深度以根茎部与地面相平或略低为宜,栽后及时灌水并封土。牡丹栽植时间与分株同时进行。牡丹需肥量较大,尤以优质有机肥为宜,并可施少量磷肥,一年至少三次,即开花前、花谢后和立秋前后。基部萌蘖颇多,应适当摘除,以免消耗过多养分。

4. 腊梅(*Chimonanthus praecox*)　腊梅科,腊梅属。花开于隆冬,凌寒怒放,花香四溢,是冬季著名的观花灌木,最适于丛植于窗前、墙角等处。也可盆栽观赏。喜光,稍耐荫;耐寒,喜深厚而排水良好的轻壤土,在黏性土和盐碱地生长不良。甚耐干旱,有“旱不死的腊梅”之说,忌水湿。萌芽力强,耐修剪。

分株、压条、扦插、播种或嫁接繁殖均可。以嫁接为主,分株为次。嫁接繁殖以 2～3 年生腊梅实生苗或分株苗作砧木,可用切接或靠接,也可采用腹接、芽接。切接和腹接在早春 3 月叶芽刚刚萌动时进行;靠接在 5 月前后进行最为适宜;芽接在 7 月中旬至 8 月中旬进行。嫁接成活后要及时除去砧木的萌蘖。嫁接苗当年高可达 80～100 cm,冬季即可开花。分株于春季花后、叶芽萌动前进行。腊梅大量繁殖时采用播种法,宜选择排水良好的高燥地为圃地,春播,干藏的种子在播种前半个月用温水浸泡、催芽。条播,行距 15～20 cm,如留床作砧木,行距扩大为 40～50 cm,每 1/15 hm^2 播种量 12～15 kg,覆土厚约 2 cm,播后 3～4 周出土,经催芽的种子一周可大量出苗,出土初期应适当遮荫。幼苗生长缓慢,一年生苗木高 20～30 cm,生长良好的实生苗 3～4年可开花。腊梅移栽,可在秋季或春季进行,需要带土球。当春季叶芽已经萌动时,不宜再进行移栽。

5. 梅花(*Prunus mume*)　蔷薇科,李属。中国传统名花,位居十大名花之首,意寓高洁,自古在园林中广泛应用。适植于庭院、草坪、公园、山坡,与松、竹相配,可形成“岁寒三友”的景色。阳性树,喜光,喜温暖湿润的气候,耐寒性较差,而且各品种的耐寒力不同,杏梅类耐寒力最强,直枝梅类次之(其中又以江梅型、玉碟形和宫粉型为强),垂枝梅类较差。对土壤要求不严,较耐干旱瘠薄,最忌积水。

嫁接、扦插、压条或播种繁殖,以嫁接繁殖应用最多。砧木可选用桃、山桃、杏、山杏或梅实生苗。以桃和山桃为砧木嫁接易成活,生长快,但寿命短,易遭病虫危害。一般用芽接,时间以 7—9 月为宜,多行盾状芽接法;江南也可于春季砧木萌动前进行切接、劈接、舌接、腹接等。部分宫粉型和玉碟型品种可扦插繁殖,插穗选用一年生充实枝条,剪成 10～15 cm 长,用 500×10^{-6} 吲哚丁酸水剂快浸 5～10 s 后扦插,“素白台阁”等品种成活率可达 80% 以上。梅花压条繁殖在早春进行,将母树根际萌发的 1～2 年生枝环剥后压入土中深 3～4 cm,秋后割离,以后再行分栽。为了培育砧木,梅花也可进行播种繁殖。在北方,栽培梅花应当选择背风向阳的环境,适宜的品种有杏梅、素白台阁、江梅等。梅花喜光,整形方式以无主干的自然开心形为佳,平时修剪以疏剪及轻度短截为主,多不进行重短截,一般在花后进行。

6. 月季(*Rosa chinensis*)　蔷薇科,蔷薇属。常见栽培的现代月季花实际上是月季和其他很多同属种类的杂交种,品种繁多,至少有 3 万个以上,一般分为 6 类,其中杂种长春月季已经少见栽培。

杂种茶香月季　现代月季中最重要的一类,在 1867 年首次出现,后经多次杂交选育,品种极多,应用最广,耐寒性较强,花多单生,花期长,有香味。著名品种有和平、香云、超级明星、埃菲尔铁塔、X 夫人、墨红等。多花姊妹月季　植株较矮小,分枝细密,花朵较小但多花成簇、成团。如大

教堂、红帽子、杏花村、曼海姆宫殿等。大花姊妹月季 花朵大而多，四季开花，如伊丽莎白女王、金刚钻、亚利桑那、醉蝴蝶。微型月季 植株矮小，一般高仅 10～45 cm，花朵小，径约 1～3 cm，适于盆栽，如微型金丹、小假面舞会等。藤本月季 茎蔓细长、攀缘，可用于棚架等垂直绿化，如藤和平、至高无上、花旗藤。

适应性强，喜光，但侧方遮荫对开花最为有利；喜温暖，不耐严寒和高温，主要开花季节为春秋两季，夏季开花较少。对土壤要求不严，但以富含腐殖质而且排水良好的微酸性土壤最佳。

扦插或嫁接繁殖。大多数品种扦插容易成活，硬枝或嫩枝扦插均可，四季都可进行，以冬插应用较广，扦插基质以河沙与蛭石或泥炭与珍珠岩等份混合较为适宜。结合秋季修剪，将一年生枝剪成长 10～15 cm 的插穗，带 3～4 个芽，用 500×10^{-6}～$3\,000\times10^{-6}$ 的生根粉速沾后，插入温室或大棚，第二年春季 4—5 月可分栽。嫁接苗长势优于扦插苗，因此嫁接繁殖也常用。一般用野蔷薇或其变种白玉堂、粉团蔷薇等为砧木，多用芽接，长江流域在 6—8 月进行，接芽当年萌发并生长，北方可在 9 月间进行为宜，保证接芽当年不萌发，避免受冻。枝接在春季进行，以切接应用较广。

月季新栽植株应重剪，以后每年初冬或早春重剪一次，老枝仅留 2～4 芽，弱、病、枯枝及过密枝则自基部疏剪。生长季中每次花后宜将花枝及时短截(留 3～4 个芽)，注意勿留内向芽。

7. 海棠花（*Malus spectabilis*） 蔷薇科，苹果属。海棠花 4—5 月开花，花朵粉红美丽，秋季黄果满树，是久经栽培的传统花木，最适于自然式群植形成海棠园，也可在亭廊两侧、建筑前列植、入口处对植。同属中常见栽培的尚有西府海棠 *M. micromalus* 和垂丝海棠 *M. halliana*。原产我国，现广为栽培。对环境要求不严，但最适宜生长于排水良好的沙壤土。喜光，耐寒，其中垂丝海棠的耐寒性稍差；耐干旱，忌水湿。西府海棠较耐盐碱和水湿。可用播种、分株、压条、扦插或嫁接繁殖，以嫁接繁殖应用较多。播种繁殖不易保持树木的原有性状，而且开花较晚，一般需经 7～8 年后才能开花，所以，播种育苗一般仅用于培养砧木。分株繁殖一般在秋季或早春将母株崛起分割，每株 2～3 个枝干，栽植后 3～4 年又可再行分株。秋季分株后假植，以促进伤口愈合，至翌春定植。压条多在春季和秋季进行，约 30 d 生根，然后分割栽植。硬枝扦插与分株时间相同，插穗长 15～20 cm，插入土内 1/2，嫩枝扦插在生长季节进行。嫁接繁殖多用海棠或山定子实生苗作砧木，用切接或芽接法。切接以 3 月下旬至 4 月初为宜，芽接一般在 8 月。采用当年播种的海棠或山定子为砧木，在距地面 3～5 cm 处行丁字形芽接，接后 2～3 周即可检查成活与否，10 月下旬可将接活的苗木在接芽上 10 cm 处抹头，翌春移栽养护，3～4 年可出圃定植。

8. 紫荆（*Cercis chinensis*） 豆科，紫荆属，别名满条红。早春先叶开花，整个老枝干布满紫花，艳丽可爱，是常见的早春花木。适于庭院、建筑、草坪边缘丛植、孤植，如与白花变型混植，则紫白相间，分外艳丽。喜光，较耐寒，喜肥沃而排水良好的土壤，不耐积水。萌蘖性强。耐修剪。

播种、分株、压条繁殖均可，生产上以播种法育苗为主。于 9—10 月采种，冬播或早春播种均可，若春播，可于播前 2～3 个月，将种子进行层积处理，则发芽快而整齐，也可将干藏的种子在播前用温水浸种一天。播后约 4 周可以发芽，8～9 周后间苗。第三年可出圃定植。分株繁殖在秋季或春季进行；压条繁殖一年四季均可，一般在春季用偃枝压条法，翌春与母株分离。紫荆定植后，基部常易发生萌蘖，如不用于分株，应及时剪去，也可用于更新老枝。紫荆在夏、秋间常发生刺蛾、大蓑蛾等食叶害虫，应注意防治。

9. 石榴（*Punica granatum*） 石榴科，石榴属。叶片碧绿，花色艳丽而且花期长，秋季果实

累累，在我国园林中栽培历史悠久，适宜孤植于建筑附近、草坪、石间，对植于门口、房前；如在开阔地丛植、群植也很壮观。常见栽培的观赏类型有白石榴、重瓣白石榴、重瓣红石榴、玛瑙石榴、黄石榴、月季石榴等。

性喜光，喜温暖气候，有一定的耐寒性，可耐短期－20 ℃左右的低温；喜深厚肥沃、湿润而排水良好的石灰质土壤，但可适应 pH4.5～8.2 的范围；耐干旱瘠薄，怕水涝。

播种、扦插、压条、嫁接或分株繁殖，以扦插繁殖应用最多。扦插成活容易，硬枝或嫩枝均可，选择 20 年生以内的健壮植株为母树，插条采自树冠顶部和向阳面枝条，上部切口宜平，下部切口剪成马耳形。硬枝扦插以 2 年生枝条为宜，于春季进行，插穗长 15～20 cm，深插，入土 2/3～3/4；长江流域以南可于霉雨季节或初秋行嫩枝扦插，插穗长 4～5 cm，保留顶部数片小叶，注意遮荫保湿。分株繁殖简便易行，在早春芽萌动时，选择健壮的根蘖苗掘起分栽即可。压条繁殖可在春秋两季进行，将根部分蘖枝压入土中，生根后分栽。嫁接繁殖多用切接法，以 3～4 年生石榴实生苗为砧木。在整形修剪上，石榴一般采用开心的自然杯状整枝，即在幼苗定植后，留约 1 m 高剪去主干，留 3～4 新梢作主枝，其余新梢均剪除。对当年生长过旺的新梢应行摘心使之生长充实，冬季将各主枝剪去 1/3～1/2。次年在各主枝先端留延长枝，并在主枝下部留 1～2 新梢作副主枝，对过密枝应疏剪。经 2～3 年即可形成树冠骨架并开始结果。以后可任其生长，不必施行精细的修剪。对老树可通过重剪刺激隐芽萌发，进行更新。

10. 紫丁香（*Syringa oblata*） 木犀科，丁香属，别名华北紫丁香。紫丁香枝叶繁茂，花美而香，可广泛应用于园林、庭院、风景区内，适合丛植于建筑前、亭廊周围或草坪中；也可作园路树。喜光，稍耐荫，在过荫处开花不良；耐寒性较强，但不耐高温、潮湿气候；耐干旱瘠薄，怕涝；喜湿润肥沃、排水良好的土壤。播种、嫁接、分株、扦插、压条繁殖均可。种子采收后一般有一段休眠期，可将选好的种子在 0～7 ℃条件下冷藏或沙藏 1～2 个月，打破休眠。春季 3 月下旬至 4 月播种，条播，行距 10 cm，20 d 左右可出苗。幼苗具 1～2 对叶片和 3～5 对叶片时间苗两次，翌春以 15 cm×30 cm 株行距换畦移栽。扦插以休眠枝或半木质化的枝条为插穗均可，但生根率较低，用 500×10^{-6}的吲哚丁酸或 ABT 生根粉处理后，可使生根率提高到 80%～90%。长江以南地区常采用嫁接繁殖，以女贞、小叶女贞为砧木，行芽接（T 字形）、枝接或靠接。紫丁香树势强健，不需特殊管理，栽培中一般 2～3 年施一次肥，如施肥过多反而不易形成花芽。

（三）藤本植物

1. 紫藤（*Wisteria sinensis*） 豆科，紫藤属。紫藤庇荫效果好，春季先叶开花，花穗大而紫色，有芳香，是著名的凉廊、棚架、枯树等的绿化材料。也可修剪成灌木状，丛植于草坪或盆栽观赏。喜光，略耐荫；较耐寒。喜深厚肥沃而排水良好的土壤，较耐干旱、瘠薄和水湿。主根发达，侧根较少，不耐移植。多用播种、扦插、压条、分蘖等法繁殖。播种繁殖可于秋后采种，干藏，翌春当气温稳定在 10 ℃以上时，用 60 ℃温水浸种 48 h，见种子膨胀后即播，因种子较大，多行点播，覆土 3～4 cm，约 20 d 可出苗。扦插繁殖可于秋季进行，选择当年生枝条带踵扦插，插穗长 8～10 cm。压条繁殖在秋季落叶后进行，选健壮长枝，在压条处略去其皮，压入土中，时常浇水保持湿润，生根后与母体分离。优良品种也常采用嫁接繁殖。紫藤直根性强，移植时应多带侧根，最好带土球。紫藤枝叶茂密，重量大，园林应用中应选用坚实耐久的材料搭制棚架。定植时，对较大的植株应预先设立棚架，并将粗大的枝条均匀地绑缚于架上，使其沿架攀缘，对于较小植株，可于成活后枝条生长到一定高度时再搭架。

2. 蔷薇（*Rosa multiflora*）　蔷薇科，蔷薇属。常见栽培的变种、变型有粉团蔷薇、七姊妹、荷花蔷薇、白玉堂等，在园林中最宜植为花篱或用于棚架、篱垣绿化，也可在坡地丛植。适应性强，是各类月季嫁接繁殖的优良砧木。性强健，比木香适应性强。喜光，耐寒。对土壤要求不严，在黏重土壤中也可生长。多用扦插繁殖，也可嫁接、压条、分株。可参考月季。野蔷薇定植时，株距不应小于 2 m，栽前开挖较大的定植穴，施入基肥，并设立支架供其攀缘。野蔷薇基部常易发生萌蘖，应当控制，只留 3～4 条作主蔓，其余除去。平常管理可粗放，不用修剪或在花后进行轻度短截和疏剪。当主蔓过老、下部空虚时，可利用基部萌条，培养新蔓，逐渐代替老蔓。同属的木香 *R. banksiae* 花白色而芳香，也是园林中重要的垂直绿化材料。

3. 凌霄（*Campsis grandiflora*）　紫葳科，凌霄属。干枝虬曲多姿，翠叶如盖，红花似锦，而且花期正值盛夏，是棚架、花门的良好绿化材料，也可用于凉廊绿化。性强健，喜光，也略耐荫；喜温暖湿润，有一定的耐寒性。对土壤要求不严，最适于肥沃湿润、排水良好的微酸性土壤，也能耐碱；耐旱，忌积水。萌芽力、萌蘖力均强。播种、扦插、压条、分蘖繁殖均可，以扦插较常应用，可于 11 月下旬采条沙藏，翌年 3—4 月扦插，也可在 7—8 月进行嫩枝扦插。凌霄定植后应设立支架供枝条攀缘，每年春季萌芽前疏剪过密枝、细弱枝和病枯枝，冬季在植株附近挖沟施入腐熟堆肥，每株 15～25 kg，施后立即浇冻水，可保证第二年生长旺盛，开花繁密。

第三节　草坪草

一、主要草坪草及其特性

能够承受有规律修剪和践踏，并能形成连续地面覆盖的多年生植物称之为草坪植物。草坪植物群落与固定根系的土壤共同形成草坪。草坪植物和草坪之间的区别在于前者仅指植物的本身，而后者则包括了草坪群落及其生长介质（土壤）在内的更高一级的生态有机体。当草坪的表层被揭下用于建植新草坪时则称之为草皮。

用作草坪草的植物基本上属于禾本科。禾本科植物是地球上分布最广泛的植物类型，其中只有二三十种具有耐修剪、抗践踏，可形成连续地面覆盖群落的特性，可以用作草坪草。

冷季型草坪草属于羊茅亚科，其最适生长温度范围是 15～25 ℃，干旱和炎热是这类草坪的主要限制因素。某一地区是否适合其发展，主要取决于高温、干旱持续的时间长短和程度。暖季型草坪则属于虎尾草亚科和黍亚科，最适生长温度范围是 26～35 ℃，低温是限制这类草坪生存的关键因素。

（一）冷季型草坪草

冷季型草坪草适宜冷凉环境，在炎热的夏季不太适应，常处于胁迫阶段，此间容易感染病害。草地早熟禾、多年生黑麦草、高羊茅、翦股颖和细羊茅都是我国北方地区较适宜的冷季型草坪草种。其中高羊茅最适宜生长在南北地区的过渡地带。早熟禾和翦股颖耐低温能力强。

1. 草地早熟禾（*Poa pratensis* L.）　草地早熟禾又叫肯塔基早熟禾、肯塔基蓝草。有地下生长的根茎。草地早熟禾喜光，耐阴性差，喜冷凉湿润的环境，同时具有很强的耐寒能力，抗旱性

差，夏季炎热时生长停滞，春秋季生长繁茂。在排水良好、肥沃湿润的土壤生长良好。根茎繁殖力强，再生性好，较耐践踏。常用于草皮生产。

与其他早熟禾区别的关键特征是船形叶尖和芽中叶片折叠状。有根茎，膜状叶舌短（0.2～1.0 mm），这与一年生早熟禾有很大区别。在主叶脉的两侧有两条半透明平行线。

草地早熟禾（图9－1）是应用最广泛的冷季型草坪草之一。它通过根茎扩繁，也可用种子播种建坪。主要用于庭院、高尔夫球场、公园、体育场及其他希望有致密草坪的地方。草地早熟禾主要优点是它具有再生能力强的根茎，使得草坪有自我修复能力。草地早熟禾颜色浓绿，修剪后质量好，能形成致密的草坪，比高羊茅和黑麦草耐低温，在适当的修剪高度（4～5 cm）下，对杂草的竞争能力很强。管理适当时，抗病性也很好。

草地早熟禾的缺点是根系分布浅，需水量稍高。但在干旱时间过长时可以休眠。休眠状态下，草地早熟禾可以损失叶片或部分根系，但其茎基（crown）和根茎可以存活几周的时间，等降雨或浇水时，可恢复生长。某些冷季型草坪草在干旱的条件下绿的时间长一点，但没有像草地早熟禾干旱结束后再恢复的能力。其中尽管有些草地早熟禾品种如America，Coventry，Glade Ram I和Unique等具有一定的耐阴性，但草地早熟禾的耐阴性比起粗茎早熟禾和细羊茅仍差一些。

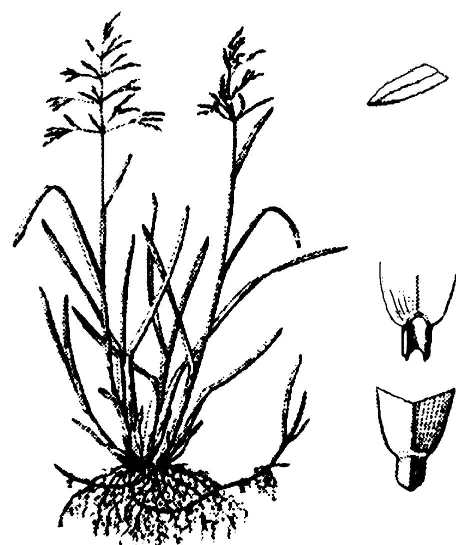


图9－1　草地早熟禾

草地早熟禾的品种目前已超过300个，一般把它们分成两种类型：普通型和改良型。普通型是已经用了几十年的老品种，具有直立生长的特性，在精细管理的条件下容易得叶斑病。优点是春季返青早，对环境的胁迫抗性好一些，较适宜低管理养护的环境条件。改良型草地早熟禾是较新育成的品种，具有低矮、缓慢生长的特性，因品种不同对某些病害的抗性强，这些品种一般是在水分条件好、肥力高的条件下育出来的。因此新品种适宜在有灌溉条件或天然降雨充沛，不发生夏季休眠的地区种植。

2. 高羊茅（*Festuca arundinacea* Schreb）　高羊茅（图9－2）芽中叶片呈卷曲状，尖形叶尖、叶片质地粗，叶片上面叶脉突出，缺少主脉。叶领较宽，有时呈亮、浅绿色。基部红色或紫色，圆锥花序。普通型有短叶舌和圆形的叶耳，改良型则无这一特征。

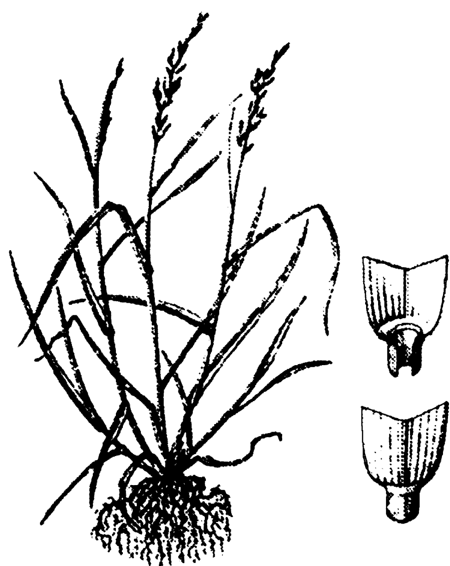
高羊茅具有显著的抗践踏、抗热、抗干旱能力，同时适度耐阴。缺点是抗冻性稍差，丛状生长，在草坪中常呈丛块状。由于抗冻性能稍差，高羊茅很少用在北方的冷湿带，主要适于南方的冷湿地区、干旱凉爽区以及过渡带。近十年来，高羊茅成了该类地区的重要草坪草类型。

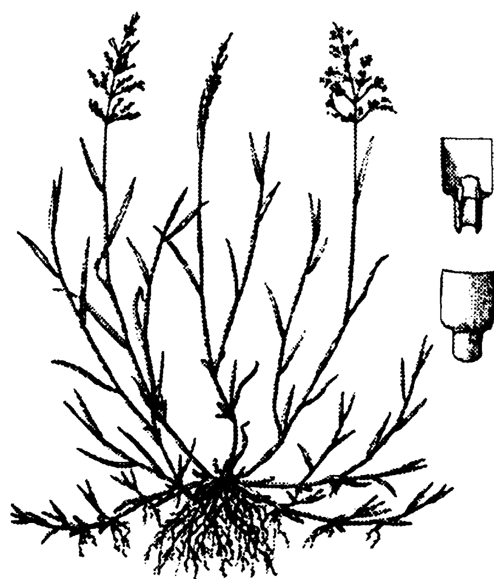
因其抗践踏，高羊茅常作体育场草坪草，但是由于其丛生特性，需要经常进行覆播（overseeding）。一般情况下常推荐2～3个高羊茅品种进行混合播种来扩展草坪的适应性。单个品种很难适应多种环境。

尽管高羊茅抗旱性较好，但也是用水量较大的草坪种。在南部地区可用它来代替暖季型草坪草，但需要浇更多的水。如果遇到夏季炎热和较长时间干旱无雨，高羊茅也逐渐进入休眠来避免干旱和高温的胁迫。如果此间进行灌溉，然后让其快速干燥，草坪草可能受到严重破坏。

新培育的品种含有内生菌（endophytic fungi）。内生菌生活在草内，形成共生关系，提高了草坪草的抗虫能力，比无内生菌的高羊茅活力大。近几年来，新的草坪品种不断出现，新品种比普

通型草坪品种叶片细、密度大，有时称为细叶羊茅，或需应该叫草坪型高羊茅，因为细叶羊茅易与细羊茅相混淆。草坪型高羊茅一般无叶耳和叶舌。


图 9—2　高羊茅


图 9—3　匍匐翦股颖

3. 匍匐翦股颖（*A. Palustris* Huds）　匍匐翦股颖（图 9—3）有发达的匍匐茎，叶芽卷曲，尖型叶尖，匍匐茎的节上易生根系。较长膜状叶舌是鉴别的主要特征，叶片的正面叶脉明显。

匍匐翦股颖能耐低修翦，修剪高度可低达 3 mm，在 2.5 mm 高度下能保持草坪覆盖地面。温带地区的所有高尔夫球场果领都用这种草坪草。由于其高质量的草坪表面，在热带气候也逐渐应用。匍匐剪股颖在高尔夫球道和发球区当修剪高度在 1.25 cm 时，可以形成高质量的草坪。过去的十几年里，冷凉气候区用匍匐翦股颖作球道草坪的越来越多。

匍匐翦股颖不太适宜作庭院草坪，它需要较高强度的管理，特殊的剪草设备和高水平的管理技术，才能获得高质量的草坪。草地早熟禾草坪则容易管理得多。

匍匐翦股颖具有很强的抗低温性能。在我国的最北方能正常越冬。然而，容易发生冬季失水干枯现象，在干旱、寒冷的冬季，要保持质量，需要覆盖材料或经常喷水才行。与大多数其他的草坪草相比，耐磨性较差，不适应板结的土壤。匍匐翦股颖根系分布相对较浅、较密，细根多，一年生根系多。这样的根系在土壤温度高的情况下需要不断地的更新。修剪低矮，温度高导致根系发育差，根系短，分布浅，限制了水分养分的吸收能力。

匍匐翦股颖有营养繁殖品种和种子繁殖品种两类。常见的种子建坪品种有帕特（putter）和番可劳司（pancross）。

4. 多年生黑麦草（*Lolium perenne* L.）　多年生黑麦草（图 9—4）叶芽对折，叶尖呈尖型，叶的背面光滑发亮，正面叶脉明显，丛生，普通品种有膜状叶舌和短叶耳，宽叶环。多数新品种没有叶耳，叶舌不明显，有时也呈现船形叶尖，易与草地早熟禾相混。但仔细观察会发现叶尖顶端开裂。不像草地早熟禾那样在主脉的两侧有半透明的平行线。叶环比早熟禾更宽、更明显一些。耐阴性较差。该草喜温暖湿润而夏季较凉爽的环境，耐寒性和耐热性都不及早熟禾。不耐干旱，也不耐瘠薄。在肥沃、排水良好的黏土中生长较好，在瘠薄的沙土中生长不良。当气温低于 −15 ℃会产生冻害。

可以利用多年生黑麦草的速生和快速成坪的特点来快速修补受损的庭院草坪、体育场草坪

和高尔夫球场草坪。多年生黑麦草的一个缺点是抗冻性稍差，在我国的北方地区可能发生冬季冻害。

多年生黑麦草品种之间也有很大的不同。普通黑麦草可用作牧草，由于生长快，修剪质量差，难以形成高质量的草坪。新品种则有很大的改进，生长速度与草地早熟禾相似，修剪后的质量也优于普通型的黑麦草。常常与草地早熟禾混合用于建植景观草坪。同高羊茅相似，有内生菌的黑麦草其抗虫和抗胁迫能力均有提高。

多年生黑麦草与草地早熟禾混合建植庭院草坪和体育场草坪，可以提高草坪的抗践踏性能。多年生黑麦草很少单独施用，是由于其丛生特性，损伤后恢复能力较差。也有人用多年生黑麦草建植高尔夫球道和发球区草坪，是由于其快速建坪和比草地早熟禾较耐低矮修剪的原因。

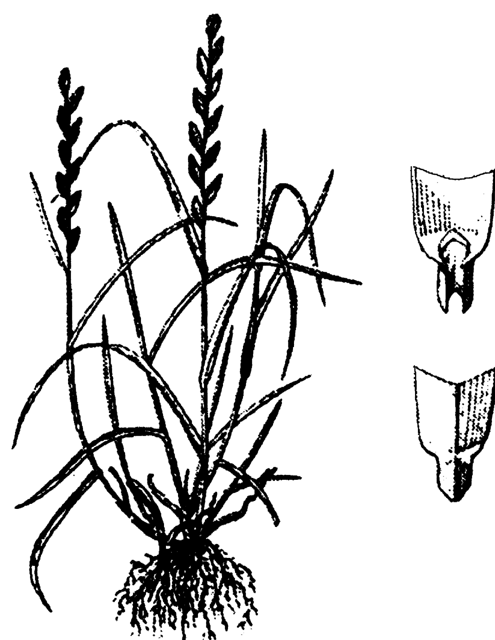


图 9－4　多年生黑麦草

在南方，多年生黑麦草常用于覆播暖季型休眠草坪。在9月和10月份暖季型草坪草中播种，播种量较大，在低矮修剪的高尔夫球场上仍然表现很好。该草种子较大，发芽容易，生长较快，通常用于混播，建立混合草坪，可起保护作用和提高成坪速度。由于该草能抗二氧化硫等有害气体，故多用作工矿区，特别是冶炼场地建造绿地的材料。

多年生黑麦草最适应冬季、夏季气候温和、水分充沛的地区。在肥沃、排水良好、适当施肥的土壤上生长良好。另一种情况是在非常贫瘠的土壤上建坪，草坪死后可以快速重建。

（二）暖季型草坪草

暖季型草坪生长的最适温度范围是26～32 ℃。暖季型草有几个属，但每个属中只有一个种适宜用作草坪草。用于草皮生产的主要暖季型草坪草有狗牙根（*Cynodon* spp. Rich），结缕草（*Zoysia* spp. Willd.），钝叶草（*Stenotaphrum secundatums* ［Walt.］Kuntze）。

暖季型草坪草中仅有少数种可以获得种子，因此主要以营养繁殖方式进行草坪的建植。此外，暖季型草坪草均具相当强的长势和竞争力，当群落一旦形成，其他草很难侵入。因此，暖季型草坪草多为单一种的草坪，混合型草坪不易见到。

1. 狗牙根（*Cynodon* spp. Rich.）　狗牙根（图 9－5）又名行义芝、绊根草、爬根草、百慕大等。狗牙根属。狗牙根草具有根茎和匍匐茎，匍匐茎的节间长度因品种不同有所变化。芽中叶片折叠，叶舌纤毛状。由于种和品种的差异叶片质地有粗有细。多年生深根系，可在匍匐茎节上产生不定根和分枝。穗状花序，种子成熟易脱落，具一定的自播能力。

狗牙根草喜光，耐阴性差，抗寒能力次于结缕草和野牛草，优于其他多数暖季型草坪草。该草耐践踏性好，再生能力极强，喜排水良好的肥沃土壤，在轻度盐碱地上也能很好生长。该草侵占能力极强，在良好的条件下常侵入其他草坪。

狗牙根广泛地用于庭院、公路护坡、校园绿地、体育场、高尔夫球场，可以形成修剪低矮、致密的草坪。狗牙根非常耐低矮修剪，某些品种可以用于高尔夫球场的果领，修剪高度可达4 mm。

狗牙根属中有9个种，其中普通狗牙根（*Cynodon dactylon* ［L.］Pers.）应用最广。普通狗牙根主要是籽播建坪的，由于其质地粗糙，不用作高质量的草坪草。最近几年也育出了不少细质地的品种。

狗牙根主要分布于我国北纬35°以南的暖温带、热带和亚热带地区。比结缕草和野牛草怕冻，在过渡地带的中部、南部可以生长，在北过渡带则容易发生冬季冻害。

狗牙根草对低温非常敏感，土温低于10 ℃时草坪草停止生长，逐渐失绿，颜色变成褐色。逐渐进入休眠状态，当10 cm地温上升到10 ℃以上时，才开始返青。当土壤温度从15 ℃上升到20 ℃，根和根茎生长增加很快，当土壤温度在25～30 ℃之间时，生长最好。

狗牙根耐阴性能差，需水量因品种不同而有差异，普通狗牙根比杂交狗牙根抗旱，需水量少。夏季要保证狗牙根正常生长，干旱时也要进行灌溉。在干旱期太长时，也有休眠保护功能。高质量的草坪品种需氮量较高，有较好的抗践踏性和抗土壤板结性能。

普通狗牙根也较适应用作高尔夫球场的高草区，庭院草坪，设施草坪和水土保持草坪。对中度施肥、频繁修剪和水分供应反应良好。在粗放管理条件下，表现也较好。



图9－5　狗牙根

2. 结缕草（*Zoysia* spp. Willd.）　与狗牙根相似，结缕草有根茎和匍匐茎。芽中叶片为卷曲形，匍匐茎节间长度较均匀，而狗牙根的匍匐茎节间长短有变化。结缕草的匍匐茎节上有护壳结构，而狗牙根则没有。结缕草叶片坚挺，叶片的内外面均长有细毛。种穗为单穗状花序，而狗牙根则为多穗状花序。

结缕草原产地为我国的胶东半岛和辽东半岛地区。18世纪由奥地利植物学家Karl von Zois命名。结缕草属有10个种，其中3个可用作草坪草。包括了日本结缕草（*Zoysia japonica* Steud.），马尼拉草（*Zoysia matrella* [L.] Merr.）和细叶结缕草（*Zoysia tenuifolia* Willd.），前两种常用于草皮生产。另外两种结缕草如中华结缕草（*Zoysia sinica* Hance）和大穗结缕草（*Zoysia Macrostaycla* Franch. et Sav.）也可用作草坪草。高丽结缕草（*Zoysia koreana*）被认为是日本结缕草和大穗结缕草的天然杂交种。

日本结缕草（*Zoysia japonica* Steud.）　又名老虎皮、结缕草（图9－6）。主要分布于我国、朝鲜和日本温暖地带。日本结缕草具有坚韧的地下根茎及地上匍匐茎，茎节上产生不定根，幼叶卷曲形，成熟的叶片革质。种子成熟易脱落，外层附有蜡质保护物，不易发芽，播种前需对种子进行处理以提高发芽率。日本结缕草适应性强，喜光、抗旱、耐高温、耐瘠，在暖季型草坪草中属于抗寒能力较强的种。在－20 ℃左右能安全越冬，气温20～25 ℃生长最盛，30～32 ℃生长速度减弱，36 ℃以上生长缓慢或停止生长，但极少出现夏枯现象，秋季高温干燥持续时间长可进入枯萎休眠。

日本结缕草与杂草竞争的能力极强，容易形成单一连片、平整美观的草坪，还具有耐践踏、病害较少等优点。耐阴性虽较钝叶草差，但比其他暖季型草略强。匍匐茎生长较缓慢，蔓延能力较一般草坪草差，因此，草坪一旦出现秃斑，恢复比较缓慢。

日本结缕草是应用范围最广的种。可用于庭院草坪、公园草坪、体育场草坪。在高尔夫球道上和发球台上形成很好的运动场地。结缕草也较耐盐碱。

结缕草产籽，但发芽率较低，需要进一步化学处理。结缕草也常通过栽植、铺草皮和条带铺植建坪。

结缕草在日本、韩国广泛用作庭院、体育场、赛马场草坪，在高尔夫球场的球道和发球台也较普遍。

马尼拉结缕草（*Zoysia matrella* [L.] Merr.） 马尼拉草叶片质地较日本结缕草细。非常适宜中亚地区生长。“开丝米”（“Cashmere”）是马尼拉的第一个商业化品种。以后又有了“钻石”（“Diamond”）和“骑士”（“Cavalier”）等品种。

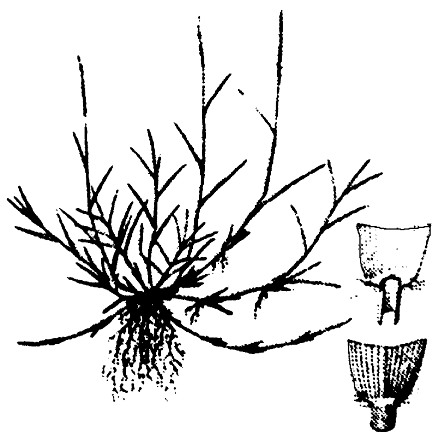


图9－6 日本结缕草

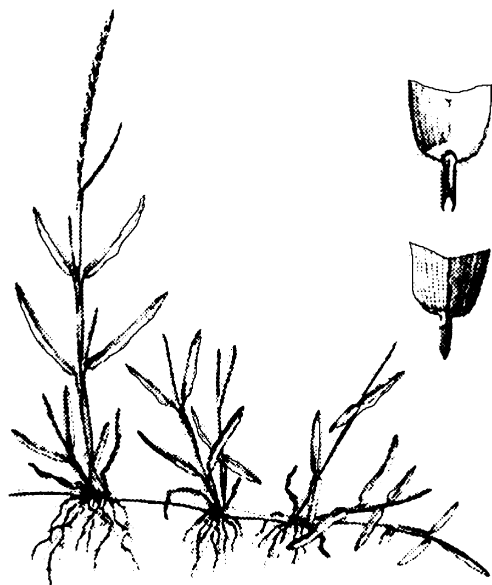


图9－7 钝叶草

3. 钝叶草［*Stenotaphrum secundatum* S.（Walt.）Kuntze］ 钝叶草（图9－7）叶环很窄，但叶片和叶梢较宽，形成了重要的鉴别特征。在叶环处叶片与叶梢呈90°直角。钝叶草有细长的匍匐茎，能在地面上爬上米远，无根茎。叶尖呈变形的船形，每个节有时见到两个枝条。

钝叶草是钝叶草属7个种中进入商业化的唯一种。在澳大利亚也叫野牛草，但与下面介绍的野牛草不同。钝叶草广泛用于热带和亚热带地区，不抗冻，不如狗牙根耐寒。抗旱性也差，多数情况下需要及时浇水，冬季干旱时易发生失绿现象。

钝叶草坪通过匍匐茎扩繁，可以形成致密的草坪，但质地非常粗。耐阴性非常好，在阴面环境中可以形成相对高质量的草坪。高尔夫球场用则太粗。

钝叶草大多数品种产籽量低或者根本不产种子，一般通过营养体繁殖。钝叶草常在起草皮时匍匐茎遭到破坏，不适于通过匍匐茎来繁殖，通常用草皮或草块来建坪。

钝叶草作为草坪进行管理时常产生厚厚的枯草层，正常情况下需要有规律地去枯草层，由于去除枯草层可造成匍匐茎破坏，所以最好的去除枯草层的季节是春季开始返青时进行。

钝叶草常见的害虫有蛴螬、蝼蛄、粘虫和地老虎等。大多数草坪病由真菌引起的，而几个品种的钝叶草易得病毒病，即钝叶草衰退病（SAD），钝叶草常见的真菌病有褐斑病，灰叶斑病。某些改良型的钝叶草在抗SAD方面表现较好，但其他的特性则并不突出。

二、生产技术

（一）播种建植

草皮生产中草坪建植的原理与其他草坪的建植相同。但是对于草皮生产来说要特别注意。

首先生产用地要选好，最重要的是土壤中要无石块，尽管草坪草可以在石质土壤中生长，但有石砾存在会破坏昂贵的草皮生产设备，导致无法进行生产，尽量选择地势平坦的土地，有一定的缓坡也可。

草坪建植前要进行土壤化验。对草皮生产来说养分缺乏会延长生产周期，在坪床准备时应施足底肥。对建坪过程来说最重要的是 P 肥，在建坪期应施用起动 P 肥，如果土壤 pH 需要调节，也应在建坪之前进行。

土壤的准备非常关键，种床一定要平整一致，车印和其他的土壤凹陷，在草坪中可能观察不出来，但在起草皮中则会出现草皮破损现象。耕地深度 10～15 cm，耕后细致整平，然后轻轻用滚子镇压，但不能使土壤板结，机械选择时也应该注意土壤的承受能力。

（二）根茎再生建坪

具根茎的草种在起草皮后留在土壤中的根茎仍然可以长出新的植株。重要的是在起草皮后几小时内必须及时灌水以保证受伤的草坪根茎成活。特别是在天气炎热时非常关键。有时也有人通过划土播入少量的种子。从根茎重新长出草坪草速度较慢，种子可以保证及时成坪。

草坪品种不同在播量上有所不同。

（三）铺设草皮网

近土壤表层铺设塑料网是草皮生产中常用的方法。塑料网的主要功能是用于根茎不发达草坪草的草皮生产，以增强草皮的强度。高羊茅是丛生性草坪草，在过渡带或冷凉湿润地区高羊茅草皮需要量较大，常铺设塑料网生产草皮。翦股颖草坪草虽然有较强的匍匐茎，但非常细弱，如无塑料网支持，难以形成强壮的草皮。起草皮的方法和其他草坪相同，网使草坪草固在一起。

有时，在草地早熟禾草皮上也加上网，此时不必等到草坪完全交织在一起，可以提前销售，每年可以生产两季草皮。

（四）管理

1. 灌溉　草皮生产中是否需要灌溉取决于当地的气候条件。在冷暖季草坪草都适应的湿润地区，草皮可以在无灌溉条件下生产。北方地区保证草坪草的快速生长需要在春秋季灌溉。一般情况下用地上移动式喷灌，喷洒均匀，在需要起草皮时可把喷灌设备移走。

成坪的草皮灌溉一般要防止少量多次的方法。一次浇透到 30 cm，等到草坪草发生萎蔫之前再进行下一次浇水。这有利于促进根系生长，提高草坪草的抗旱、抗病能力。

2. 施肥　在草皮生产中维持土壤中养分在最短的周期内生产出高质量的草皮是关键环节，施肥过量是浪费金钱，土壤缺素则会延长草坪生产周期。

N 肥的施用通常是最需要经验的。N 肥施用过量是常常遇到的问题，N 素过高，草坪草呈暗绿色，并不一定能使草坪草成苗快。过多的 N 素利于枝条生长，减少根系的生长。在草皮生产中，根、根茎的生长，对生产出强壮的草皮是非常关键的。适量的 N 肥比过量的 N 肥提早草皮形成。施肥过量会增加过多的茎叶生长，增加修剪次数，增加了成本费用。

N 肥施用的目标是使草坪草产生最大数量的叶绿体，光合作用最强，而不过分刺激枝条的生长。N 肥施用量随草坪草种、土壤类型、降雨、灌溉而有所变化。冷季型草坪草施肥方案参见表 9－2。

冷季型草坪草施用 N 肥的标准量是 16～25 g/m^2，暖季型草坪草一个月应施用 N 5.5 g/m^2，在草坪草销售之前 2～3 周停止施肥。

表 9—2　冷季型草皮 N肥施肥方案

时间	N 胞/g·m^{-2}	时间	N 胞/g·m^{-2}
夏末建坪	2～4	30～40 d 以后	3～4
草坪生长至 2.5 cm 时	3～4	起草皮前 3 周	3～5
春季	3～4	秋季末起草皮	5～6

3. 修剪　修剪可以用来促进草坪地下部生长,促进快速草皮形成,光合作用也会随之增强,增加了糖类的积累,增加了糖类转移到根茎组织中。草坪修剪需要专门的修剪机械(图 9—8)来完成,修剪机械的类型和功率应当根据草坪草的类型、要求的草皮质量水平和草皮农场的规模等因素来定。

草皮生产阶段,修剪高度维持在庭院草坪较高修剪高度,在销售之前再修剪到标准高度,以减少干旱和高温胁迫的影响。修剪时应遵循“1/3 修剪原则”,即每次修剪下的叶片长度为修剪前草坪高度的 1/3。例如,要使草坪修剪后保持 6 cm,等草坪长到 9 cm 时开始修剪,一次剪掉 3 cm。如果两次修剪时间间隔太长,草坪草长的太高(如 15 cm),再剪到 6 cm,这样剪掉了多数功能叶片,光合作用受到很大影响,根系生长受到限制,草坪草易遭受病害袭击。

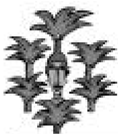


图 9—8　剪草机

4. 病虫、杂草管理　草皮生产中病虫杂草管理与其他草坪管理相近,多数病虫等问题成灾需要一定的时间,虫和病在老的草坪上可能常见,但一般在定期销售的草皮上发生的较少。

叶斑病和锈病在第一年的生产中可能影响草皮,通过选择抗病品种可避免此类病害的发生。虫害问题不多出现,但出现时应该及时处理。

杂草问题在不同建坪期也有所不同,春季播种比秋季播种的冷季型草坪有较多的一年生杂草。在草皮生产中,生产几个周期后,杂草种子会越来越少,不再会成为大的问题了。



思考题

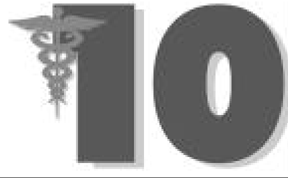
1　当前我国花卉的基本情况是怎样的?主要的花卉种类有哪些(举例说明)?

2 熟练掌握重要鲜切花、盆花的科属、生态习性、繁殖方法、栽培技术。

3 观赏树木的类型主要有哪些？重点掌握下列种类的科属、生态习性、繁殖方法：雪松、毛白杨、垂柳、悬铃木、樱花、国槐、元宝枫、紫薇、白蜡、山茶、桂花、牡丹、腊梅、梅花、月季、海棠花、紫荆、紫丁香、紫藤、蔷薇。

4 熟练掌握草坪草的主要种类及其主要形态特征、生态特性。

5 简要说明草坪建植的主要方法。



药用植物生产

体内含有能预防和治疗疾病的活性成分,并能直接或提取后入药的植物称为药用植物。中药、民间草药及天然药物的材料主要来源于药用植物。

药用植物的种类繁多,我国约有 11 118 种。目前,药用植物多为野生,我国常年栽培的有二百来种,种植面积约 50×10^4 hm^2。药用植物栽培即中药材生产,属于植物栽培学,但有自身的特点。首先,生产的产品(药材)质量要符合《中华人民共和国药典》、出口还要符合进口国相关标准或国际标准,为保证药材的疗效和安全,我国制定了中药材生产的规范,即 GAP(Good Agriculture Procedure);其次,由于环境、品质、生产技术和应用传统等因素,往往某种或某些药材只在一个或几个地区生产,形成了道地药材产区;再次,不同药用植物在种、收等环节有独特的技术要求;另外,从外地或外国引种、或将野生药用植物驯化栽培也是其重要任务。

植物药材可根据入药部位、功效、成分、进化系统、生产周期和方式等标准进行分类。栽培上一般按其主要入药部位分为根类、根茎类、叶类、皮类、茎木类、全草类、花类、果实类、种子类、树脂类、藻菌类等。许多药用植物的药用部位不是单一的,如栝楼的药用部位有根、果实、种子等。由于收获的部位不同,同一种植物的生产技术也有所区别。

第一节　根类药用植物

凡是主要药用部位为根的植物都属此类,该类又可分为直根类和须根类药用植物。

栽培的直根类药用植物主要有五加科的人参、三七、西洋参;伞形科的明党参、当归、白芷、北沙参、防风;毛茛科的芍药、牡丹;桔梗科的党参、桔梗;苋科的怀牛膝、川牛膝;唇形科的丹参;十字花科的菘蓝;菊科的云木香;豆科的黄芪;葫芦科的天花粉;蓼科的何首乌等。栽培的须根类主要有菊科的紫菀;玄参科的玄参;石竹科的太子参;姜科的郁金;百合科的麦冬等。

由于繁殖方式不同,同一种植物的同一种收获部位可是直根类的,也可能是须根类的,如用

种子繁殖的何首乌、天花粉为直根类，若用扦插等繁殖则药用部位为须根。

这类药用植物根入土深、喜肥，因此大多要求土层深厚、土质疏松，以沙壤土种植为宜；它们大多是多年生草本植物，多属数年采收的药材。

一、西洋参

(一) 概述

西洋参（*Panax quinquefolium* L.），为五加科人参属多年生宿根草本植物，别名花旗参、洋参、美国人参等，原产北美。自1975年以来，我国的许多省市先后引种成功，形成了规模生产。西洋参主要含人参皂甙、挥发油等。性温、味苦甘，具有益气生津、润肺清热等功效，主治阴虚发热、咳嗽咯血、虚火牙痛、口渴津少等症。药理研究表明西洋参对心血管系统疾病、中枢神经系统疾病、免疫力低下、肿瘤等有良好的治疗和预防作用。

西洋参喜凉爽、湿润，属阴生植物，忌强光照射。

(二) 栽培技术

1. 选地与整地　西洋参可在林下或农田种植。

在林下种植宜选阔叶林地，荫蔽度为70%～80%。以含腐殖高的沙质土或腐殖质壤土为宜，pH 5.5～6.5，耕深30 cm左右，畦宽1.5 m，高20～25 cm，作业道宽60 cm。

农田种植宜选地势较高、排灌方便的地方。前作以禾本科或豆科作物为好，不宜为烟草、茄子、棉花等作物。春播时翻耕一次，每平方米用多菌灵20 g加五氯硝基苯10 g进行土壤消毒，以腐熟厩肥10 kg、骨粉1 kg或过磷酸钙2 kg作基肥，并浅耕1次，畦宽1.5 m，高20 cm，作业道宽60 cm。

2. 繁殖方法　一般采用种子繁殖，育苗后定植。

(1) 种子处理　西洋参种子有深休眠特性，种胚发育不全，有形态后熟和生理后熟现象，须经过适当处理以完成生理后熟来打破休眠，否则，播后不能出苗。

处理方法　9月上、中旬，在果实鲜红色时采下，搓去果皮，冲净，除去病粒及未成熟子粒，晾干，勿曝晒，然后置室内常温干藏，第二年5月上、中旬进行沙藏。沙藏时，先将种子在清水中浸泡2～3 d，晾干，再用600倍代森锌液浸泡1 d消毒，清洗后用经过0.2%高锰酸钾溶液处理的3倍体积的湿润细沙拌匀，装入木箱中，盖一层约10 cm的沙土，用600倍代森锌液淋透，窖藏。每半月翻动1次，使温度和湿度一致、通气良好，利于种胚发育。砂藏5个月后，种子大多裂口，可以冬播或藏至来春播种。

(2) 播种育苗　在土壤结冻前冬播或解冻后春播，以春播为好。先将裂口的种子筛出，按深2.5～3 cm、行株距5～7 cm×5～7 cm穴播，每穴1粒，用筛过的腐熟厩肥拌土杂肥盖种，再盖草保温保湿。出苗后，揭草搭棚遮荫。幼苗期生长缓慢，第一年只生3片小叶，约6 cm高，鲜根重约1 g；第二年长出5片小叶，15～20 cm高，鲜根重20～50 g。培育2年可出圃定植。

(3) 定植　春、秋均可，春栽在2—3月份土壤解冻后参苗萌动前进行，秋栽于枯黄时开始。以春栽为好，春栽宜早，迟不过4月下旬。苗株按大小分级，可用75%代森锌800倍液浸泡2 h消毒。行株距一般约25 cm×10 cm。斜栽，即栽植沟与畦面保持40～45°的斜度，芽苞向上，根部舒展，覆土厚5 cm左右（从芽苞处计），稍压紧。在畦面上覆盖树叶或麦秆，以保温保湿。

3. 田间管理

(1) 搭棚遮荫　须搭荫棚遮光，棚透光度约22%～30%，春季透光度可大些，夏秋季宜小些，山地透光度可达27%～30%，平原地区可降至23%。若透光度不合适，易叶色变淡，叶斑病严重。

(2) 床面覆盖　可分生长期的护根保墒覆盖和休眠期的越冬防寒覆盖。生长期在6月下旬至7月上旬结合松土除草进行。覆盖细碎的稻草、麦秸，腐熟树叶，育苗地3～5 cm厚，种植地5～7 cm。西洋参抗寒力弱，无论育苗地还是种植地，都须在冬季到来之前进行覆盖，畦面先盖上5～7 cm厚的稻草、麦秸等，再盖以10 cm厚的防寒土。

(3) 追肥　6—8月为生长旺盛期，每月追肥1次。用0.3%磷酸二氢钾溶液或0.3%尿素液肥根外追肥。10—11月于地上茎叶枯萎时，开浅沟施冬肥，每平方米施入由腐熟厩肥2.5 kg、骨粉0.5 kg、复合肥0.05 kg组成的混合肥，撒进沟内盖土，一般结合覆盖防寒土进行。

(4) 水分管理　在生长前、后期，需水量较低，土壤含水量可保持在20%～30%；生长中期需水量高，可在30%～40%。

(5) 摘花序　除留种地外，在6—7月份总花梗约2 cm时，应逐个摘除，以提高参根产量。

4. 病虫害防治

(1) 病害　立枯病是苗期主要病害，黑斑病是成年株地上部的主要病害，锈腐病各年生植株均能感病，发生较普遍，疫病主要为害叶片、叶柄、茎和根部。皆可按常规方法防治。

(2) 虫害　虫害主要有地老虎、蛴螬、金针虫、蝼蛄等，按常规方法防治。

(三) 采收加工

1. 采收　一般播种后4年采收。9月中、下旬当参株叶片枯萎时即可采挖。用四齿耙细心挖起，勿损伤参根及芽苞。可鲜参出售或干燥加工，较小的幼参可继续培育。667 m^2 产四年生干参100 kg～150 kg。

2. 加工　将鲜参洗净（不宜用刷子等硬物刷刮）并稍加风干后分级，根径大于2 cm为一级，1～2 cm为二级，小于1 cm为三级。少量可以晒干，量大用烘干房干燥，最好用远红外变温吸湿干燥技术。以完整匀称、质实、表面横纹紧密、断面具菊花纹、气清香、味浓、含在口中能生津者为佳。

二、北沙参

(一) 概述

北沙参（*Glehnia littoralis* F. Schmidt ex Miq.）为伞形科珊瑚菜属多年生草本植物，别名莱阳沙参、沙参、珊瑚菜等。主产山东、河北，内蒙及华东各省。根中含有生物碱、挥发油、淀粉等。北沙参味微甘，性微寒，有养阴清肺、祛痰止咳的功能，治肺热干咳、虚痨久咳、舌干口渴等症。

北沙参喜温暖，能抗寒，对气温适应范围较广；喜湿润气候，能耐干旱，忌水涝；喜阳不喜荫蔽，否则生长发育不良，病害严重。忌连作和花生茬，否则根瘤线虫病危害严重。

北沙参生产上尚无品种，类型分化少。

(二) 栽培技术

1. 选地整地　北沙参为盐土指示植物，在盐碱性土壤中生活，多栽培于海滨沙土，但在中性和微酸性的沙壤土中仍生长发育正常。以油沙土、沙壤土、沙土最好，壤土次之，重壤土、黏土不宜种植。土层深厚、疏松，有利于形成根条长而无分杈的优质药材。

播前深翻土地约30～70 cm，同时将有机肥翻入，氮肥不宜过多，要配合磷、钾肥。施基肥

后，平整土地，作成平畦或高畦，高畦呈瓦背形。四周开排水沟。

2. 繁殖方法　种子繁殖。当年种子冬播发芽率高，次年春播发芽率显著下降。种子寿命能保持两年。

秋播于11月上旬播种，山东冬播期在立冬至小雪，可用干种子，但需在播前20多天湿润种子，至种仁发软。春播必须在冬季将湿润的种子埋于室外潮湿土中，经冬季低温过程，使种胚发育成熟，堆积厚度30 cm左右。如春播，干种子当年不能出苗。

播种方法分宽幅条播与窄幅条播。宽幅条播，幅宽15 cm左右，横向开沟，深4 cm左右，行距25 cm。窄幅条播，幅宽6 cm，行距15 cm左右。撒播要匀，种子与种子相隔4～5 cm。覆土方法是开第二沟时溢土覆盖前沟，覆土以3 cm为宜。播种量每667 m^2 用3.5～7 kg。

3. 田间管理　冬播的当年不出苗，注意防止表土和种子被刮走。沙参是密植作物，行距小，茎叶嫩，易断，不宜用锄中耕，但须随时拔除杂草。小苗有2～3片真叶时，需间苗，成三角形留苗，株距3 cm左右，过稀参根易分杈，过密生长不良。应及时摘除参苗的花蕾，三年生植株除留种外，凡是抽薹的，应及早将花薹摘除。

北沙参不怕干旱，但春季出苗期间遇干旱时，需酌情喷水，以利于种子萌发。雨季及生长后期应及时排水，勿使地里积水。

春季出苗后应施提苗肥，每667 m^2 用稀薄人畜粪尿1 000～2 500 kg；6月份，每667 m^2 用稀薄人畜粪尿2 000 kg，过磷酸钙15～25 kg；7月上旬，每667 m^2 施人畜粪尿2 500 kg，并适量施草木灰及过磷酸钙，以促进根的发育充实。

4. 病虫害防治

(1) 根结线虫病菌　5月开始发生，线虫侵入植株根部，使苗发黄，影响生长甚至死亡。防治方法：选用无病地，忌连作，三年内种过花生的土地不适宜种植沙参，整地时用敌敌畏乳剂进行土壤消毒，每667 m^2 用量30～50 g。

(2) 锈病和北沙参病毒病也是主要病害，可以用常规方法防治。

(3) 虫害　北沙参害虫较多，危害幼苗的有象鼻虫、网目拟地甲、平毛金龟子、黑绒金龟子；地下害虫有蝼蛄、地老虎、蛴螬；危害期长的有蚜虫和钻心虫等。用常规方法防治。

(三) 采收加工

1. 采收　冬播的可于第二年秋分叶枯黄时采收，春播而生长良好的也可于当年秋分时采收，统称为“秋参”（一年生参）。一般春播的及冬播生长不旺的，可隔年7月茎叶枯黄时再收，称为“春参”（二年生参）。以生长2～3年的参为好。收挖时先在参地一端外侧开一深沟，露出根部用手提出，除去参叶。参根不能在阳光下晒，以免干后难以去皮，降低产量和质量。

2. 加工　将参根洗净，按长短、粗细分级，用细绳子每1.5～2.5 kg扎成一捆，放入开水中烫煮，时间约3～4 min，以能把参皮剥下为适度，过火参条会变面，欠火皮又剥不下来。烫煮后放在席上散热，趁湿剥去表皮。晒干或烘干。

三、菘蓝

(一) 概述

菘蓝（*Isatis indigotica* Fort.）又名大青根、北板蓝等，为十字花科菘蓝属二年生草本植物。以

根、叶入药，其根称板蓝根，叶称大青叶，鲜叶或茎叶加工制成的深蓝色粉末称青黛，三者均为常用中药。根中含黑芥子苷、吲哚苷、靛红、板蓝根乙素、丙素、丁素、靛蓝、靛玉红等。板蓝根性寒、味苦，具清热解毒、凉血之功效，主治流行性感冒、流行性腮腺炎、流行性乙型脑炎、流行性脑脊髓膜炎、急性传染性肝炎、咽喉肿痛、扁桃体炎等症。叶含菘蓝甙、芥甙、新芥甙等，性寒，味苦、咸，与根同功效。

全国各地均有栽培，主产于河北安国、江苏、山东、河南、陕西和安徽等省。菘蓝原产我国北部，对气候适应性很强，喜温凉环境，耐寒冷。南北各地均可栽培，但在东北平原和南岭以南地区种植生长较差，产量和质量下降。

（二）栽培技术

1. 选地与整地　宜选地势平坦、排水良好、土层深厚、疏松肥沃、pH 6.5～8 的沙质壤土种植，土质粘重以及低洼易积水地容易烂根，不宜种植。因为菘蓝的主根能深入土中 30 cm 以上，深耕可促使根部生长顺直、光滑、不分枝。每 667 m^2 施入堆肥或厩肥 3 000～4 000 kg 作基肥，适当施入过磷酸钙或草木灰，再浅耕 2 次，整平耙细，作成宽 1.5～2 m，高约 20 cm 的高畦，开排水沟以防积水。

2. 繁殖方法　采用种子繁殖。种子脱粒后就能发芽，发芽率约 70%。可春播，夏播，亦可秋播。春播一般在 4 月上旬，夏播在 5 月下旬至 6 月上旬，秋播在 8 月中、下旬，大多采用春播。可采用撒播或条播，一般用条播。

将种子用 30～40 ℃温水浸泡 4 h，晾干后拌细沙或泥土进行播种。在整好的畦面上按行距 20～25 cm 横向开浅沟，沟深约 2 cm，将处理好的种子均匀地播入沟内。播后施入腐熟人畜粪水，然后覆土与畦面平齐。保持土壤湿润，播后 7～10 d 即可出苗。每 667 m^2 用种量 1.5～2 kg。

3. 田间管理

⑴ 间苗、定苗、中耕除草　苗高 7～10 cm 时，进行间苗，去弱留强。苗高 12 cm 左右时，按株距 7～10 cm 定苗。苗长齐后进行第一次中耕除草，可与间苗同时进行，以后每隔半个月左右除草 1 次，封行后停止中耕除草。

⑵ 追肥　间苗后，结合中耕除草追施 1 次人畜粪水，每 667 m^2 约 1 500～2 000 kg，也可每 667 m^2 追施硫酸铵 7～8 kg，过磷酸钙 8～15 kg，混合施入行间。凡生长良好的可分别在 6 月下旬和 8 月中下旬各采收 1 次叶片。采叶后随时追肥浇水，以促进叶片生长，若不采叶，追肥可适当减少。

⑶ 灌溉排水　多雨地区，雨季应及时清沟排水，防止田间积水烂根。如天气干旱，可在早晚灌水，切勿在阳光曝晒下进行，以免烧伤叶片，影响植株生长。

4. 病虫害防治

⑴ 病害　主要有霜霉病、菌核病、根腐病、白锈病等，可按常规方法防治。

⑵ 虫害　为害菘蓝的主要虫害有菜粉蝶、桃蚜、萝卜蚜、银纹夜蛾和红蜘蛛等。

（三）采收加工

1. 留种　菘蓝留种有春播留种和秋播留种。春播的当年不开花，需至第二年才开花结实，其留种方法是在收割最后 1 次叶后，不挖根，待长出新叶越冬，翌年 5—6 月采集成熟种子。秋播留种是在 8 月底至 9 月初播种，长出新叶后不采收叶子，让其越冬，到翌年 5—6 月采集成熟

种子。

2. 采收

(1) 大青叶　春播的菘蓝可分别于7月上旬、9月上旬、10月中、下旬采收3次。夏播的一般在次年4—5月、7—10月间采收2～3次。第一次采收的叶子最好，第二次稍差，均可加工成青黛；第三次采收的质量最差，不制青黛，仅作大青叶入药。采收方法有两种：一是贴地面割去芦头的一部分，此法新叶重新生长迟，易烂根，但发棵大，根部粗壮；另一是方法时从植株基部离地面约2 cm处割取，此法新枝叶萌发快，能提高产量。一般采用后者。

(2) 板蓝根　10月中、下旬，当地上茎叶枯萎时，选晴天挖取根部。挖时务必深刨，防止将根弄断，降低质量。可先在畦沟的一边开60 cm的深沟，然后顺着向前小心挖取。

3. 加工

(1) 板蓝根　去净泥土、芦头和茎叶，洗净，晒至七八成干时，扎成小捆，再晒至全干，雨天可烘干。每667 m^2产干货300 kg左右。以根条粗壮均匀、条长整齐、坚实、粉性足者为佳。

(2) 大青叶　割回的叶晒至七八成干时，扎成小把，继续晾晒至全干，阴雨天可烘干。每667 m^2产干叶200 kg左右。以无杂质、叶大完整、色黑绿者为佳。

四、丹参

(一) 概述

丹参（*Salvia miltiorrhiza* Bge.），别名血参、紫丹参、红根、赤参等，为唇形科鼠尾草属多年生宿根草本植物。根中主含丹参酮Ⅰ、异丹参酮Ⅰ、丹参酮A、丹参酮B、隐丹参酮、羟基丹参酮、丹参羧甲脂等。丹参性寒味苦，有活血祛瘀、消肿止痛、镇静安神、凉血消痈等功效，主治月经不调、产后瘀阻、胸腹或肢体淤血疼痛、痈肿疮毒、神经衰弱失眠、心悸等症。药理研究表明，丹参有扩张冠状动脉，增加血流量的作用，用来治疗冠心病、心绞痛、心肌梗死、心动过速等症；也用于治疗慢性肝炎、早期肝硬变等症。

丹参主产于四川、河北、安徽、陕西、山东等省。由于丹参为医药工业的重要原料，需求量大，因而目前全国大部分地区均有栽培。

丹参喜气候温暖、湿润、阳光充足的环境。气温降至零下，茎叶易遭冻害，但地下部能露地越冬。苗期若遇高温、干旱天气，幼苗生长停滞甚至死亡。

(二) 栽培技术

1. 选地整地　宜选择向阳地，要求土层深厚、质地疏松、排水良好中等肥力的沙质壤土。若土壤过于肥沃，其根反而不壮实。丹参最忌水涝，若排水不良，易造成烂根，终致全株死亡。

育苗地播种前进行翻耕，施入腐熟的厩肥或堆肥作基肥，整细耙平，作高畦播种。栽植地，于播种前一年冬季深翻土壤35 cm以上，促使土壤风化，翌春播种前再翻1次，结合整地施足基肥，每667 m^2施入腐熟厩肥或堆肥2 500～3 000 kg，加过磷酸钙50 kg，整细耙平后作高畦或平畦，四周开好排水沟，以待种植。

2. 繁殖方法　分种子、分根、芦头或扦插繁殖。这四种繁殖方法，以芦头作繁殖材料产量最高，其次是分根繁殖。

(1) 种子繁殖　丹参种子细小、生活力只能保持1年，种子随采随播，发芽率最高，可达

90%。1年后就完全丧失发芽力。丹参一般春播，3月中、下旬，在整好的畦面上条播，按行距30 cm横向开沟，沟深约1 cm，拌细土均匀地将种子撒入沟内，盖土以不见种子为度，播后覆盖地膜，保温保湿，15 d左右即可出苗。苗高5～6 cm时间苗。当幼苗培育75 d左右，苗高约10 cm时即可出圃定植。

栽种时在畦面上按30 cm×20 cm挖穴，穴深视根长而定，穴底施入适量粪肥作基肥，与穴土拌匀后，每穴栽入1株，栽植深度以种苗原自然生长深度为准，栽后浇透定根水。

(2) 分根繁殖　一般直接栽种于栽植地，栽种时间南方为2—3月，北方在3—4月。栽时在整好的种植地畦面上，按株行距25～30 cm的距离挖穴，穴深5～7 cm，穴底施入适量的土杂肥或粪肥作基肥，与底土拌匀。

作种用的根可在栽种时才挖起，也可在采收时选留粗壮的一年生侧根上、中段埋在地中贮藏待用。根条切成5～7 cm长的小段，大头朝上，每穴直立栽入1段，栽后覆土约3 cm，覆土不宜过厚，否则难以出苗。每667 m² 用种根40～50 kg。为了提早出苗，可采用土藏催芽或薄膜育苗法。

(3) 芦头繁殖　收挖丹参根时，选择生长健壮、无病虫害的植株，粗根切下供药用，将直径0.6 cm的细根连同根基上的芦头切下作种栽。按行株距30 cm×20 cm挖穴，与分根繁殖法相同，栽入穴内。最后覆土2～3 cm，稍加压实即可。

(4) 扦插繁殖　南方于4—5月，北方于7—8月进行。先将畦面浇水湿润，然后，剪取生长健壮的茎枝，切成长20 cm左右的小段，并适当剪去一些叶片以减少蒸发量，随剪随插，按行株距15 cm×10 cm，将插穗插入土中，深为插条的1/2或2/3，插后保持畦面湿润，适当遮阴半个月左右即能生根，待根长3 cm时定植于大田。

3. 田间管理

(1) 中耕除草　4月上、中旬育苗后进行第一次中耕除草；第二次在6月份；第三次在8月份。封垄后便可停止中耕除草。

(2) 追肥　结合中耕除草追肥2～3次。第一次以氮肥为主，每667 m² 可施入稀薄人畜粪水1 500 kg，第二次施入腐熟人粪尿2 000 kg、饼肥50 kg；第3次施入腐熟、稍浓的粪肥3 000 kg，加过磷酸钙25 kg、饼肥50 kg，以促进根部生长发育。

(3) 灌溉排水　丹参忌积水，在雨季注意排水防涝，以免烂根；出苗期要经常保持土壤湿润，以利出苗；干旱时要及时进行沟灌或浇水。

4. 病虫害防治

(1) 病害　主要为根腐病、叶斑病、菌核病等。

(2) 虫害　为害丹参的虫害主要有根结线虫病、银纹夜蛾、棉铃虫、蛴螬、地老虎等，按常规方法防治。

(三) 采收加工

1. 采收　采用种子繁殖的，于移栽后第二年的10—11月份，当地上部分枯萎后到第三年的早春萌发前均可采挖；采用无性繁殖的，于栽后当年11月份或第二年春季萌发前采挖。因丹参根入土深，质脆易断，应选择土壤半干半湿时小心挖取，先刨松根际土壤，顺行将根完整挖取。挖取后放在地里晒，再抖去泥砂，剪除落叶，运回加工，忌用水洗。

2. 加工　将根条晾晒干即为成品。一般667 m² 产约250 kg。以根条粗壮、皮以紫红色者为佳。

第二节　地下茎类药用植物

以地下变态茎或主要以地下变态茎入药的植物属此类。以根状茎入药的有姜科的姜、姜黄;玄参科的地黄;百合科的玉竹、知母、黄精;薯蓣科的穿山龙;菊科的白术;伞形科的川芎;蓼科的大黄;毛茛科的黄连等。以球茎入药的有泽泻科的泽泻;天南星科的半夏。以块茎入药的有黑三棱科的三棱;罂粟科的延胡索;薯蓣科的山药、兰科的天麻等。以鳞茎入药的有百合科的百合、川贝母等。

这类植物之间对生活环境要求差异较大,除个别植物,大多根系不发达,为浅根植物,一般种植较浅,根状茎易露出地面,需要覆土遮盖。

一、半夏

(一) 概述

半夏(*Pinellia ternate*(Thunb.) Breit.),别名旱半夏、三叶半夏、三步跳、三步倒,为天南星科半夏属多年生宿根草本植物。入药部位为球形或扁球形地下块茎,块茎含淀粉、挥发油、胆碱、烟碱、麻黄碱等。半夏性温,味辛,有毒,有燥湿化痰、降逆止呕、消痞散结的功效,主治痰饮呕吐、湿痰咳嗽、气逆、胸脘痞闷、眩晕等症,外用治痈肿。

半夏主产于长江流域和黄淮流域,以及华北、东北等省区。

半夏喜湿润、怕干旱,畏强光,在阳光直射或水分不足条件下,易发生倒苗。耐荫、耐寒,块茎能自然越冬。

半夏每年常出现3次出苗与倒苗现象。分别在4—6月上旬、6—8月中旬、8—10月下旬,每次出苗后生长期60 d左右。半夏幼苗怕炎热和寒冷,最适宜生长温度为15～25 ℃,气温在26 ℃以上时倒苗,13 ℃以下时枯苗。

(二) 栽培技术

1. 选地与整地　宜选荫蔽、湿润、日照不强、水源条件好、排灌方便的平缓地种植。以疏松肥沃,湿润深厚,pH6～7的沙质壤土为宜,过沙、过黏及易积水之地不宜种植。每667 m^2施腐熟厩肥或土杂肥3 000～3 500 kg、过磷酸钙40 kg。畦面要整成龟背形,四周开好排水沟,以利排水。

2. 繁殖方法　用种子、块茎、珠芽繁殖,但以块茎、珠芽繁殖为主。

(1) 种子繁殖　夏秋种子成熟时,随收随种,也可贮存于湿润的细砂中,翌年2—3月在整好的畦面上按行距15 cm开2 cm深的沟,将种子撒入沟内,盖1 cm厚的细土,并盖草保持湿润,半月左右即出苗。当年长一片卵状心形单叶,第二年3～4片心形叶。实生苗当年形成块茎直径约0.3～0.6 cm。

(2) 珠芽繁殖　5—6月选叶柄下成熟的珠芽,在整好的畦面上按行距15 cm横向开沟,沟宽10 cm,深3 cm,每沟种2行,靠沟两边种下株距5 cm,错开排列,栽后覆土,当年可长出1～2片叶子,块茎直径1 cm左右。第二年秋,大的加工入药,小的继续作种栽用。

(3) 块

选直径 0.5～1 cm 的小块茎作种用。种茎须拌以干湿适中的细砂土，置通风阴凉处贮藏，于当年冬季或翌年春季取出栽种，以春栽为好。在整好的畦面上横向开沟条播，按行距 12～15 cm、株距5～10 cm，开沟宽 10 cm、深 5 cm 左右，在每条沟内交错排列两行，芽向上摆入沟内。栽后，上面施 1 层由腐熟堆肥和厩肥及火土灰等混拌均匀组成肥料，每 667 m^2 用量 2 000 kg左右，然后覆土，厚约 5～7 cm。每 667 m^2 需块茎 100 kg 左右。要保持土壤湿润，干旱天气应及时浇水。

3. 田间管理

(1) 中耕除草　宜在幼苗出土后未封行前进行。深度不超过 5 cm。株间杂草宜用手拔除，苗长大后，不宜中耕，但应及时拔除杂草。

(2) 追肥　半夏耐肥，一般每年追肥 4 次。第一次于 4 月上旬齐苗后，第二次在 5 月下旬珠芽形成期，第三次于 8 月倒苗后，当子半夏露出新芽，母半夏脱壳重新长出新根时，第四次于 9 月上旬半夏全苗时。以施用人畜粪尿为主，也可将饼肥、过磷酸钙、尿素，与沟泥混拌均匀，撒于土表。

(3) 灌溉排水　半夏喜湿润、怕干旱，尤其是夏、秋播种后，要经常保持土壤湿润，促进植株生长良好。雨季应注意排水，以免积水而引起块茎腐烂。

(4) 培土　6 月以后，成熟的珠芽陆续落地，可从畦沟取土撒于畦面上约 1.5 cm 厚，把珠芽或种子盖住，珠芽可出苗成为新株，从 6—8 月份需培土 3 次。

(5) 摘花蕾　除留种外，应及时剪除花葶，使养分集中于块茎生长，提高产量和质量。

4. 病虫害防治

(1) 病害　主要有腐烂病、叶斑病、病毒病等为害。

(2) 虫害　危害半夏的害虫主要有红天蛾、蚜虫等，用常规方法防治。

(三) 采收加工

1. 采收　用种子繁殖的于第三、四年，块茎繁殖的于当年或第 2 年采收。一般于夏、秋季半夏茎叶枯萎倒苗后采挖，过早影响产量，过迟难以去皮。选晴天进行，从畦的一端将半夏挖出，抖去泥砂，运回加工，切忌曝晒，否则不易去皮。

2. 加工　将鲜半夏洗净泥沙，按大、中、小分级，分别装入麻袋内，踩去外皮（或用脱皮机去皮），倒入清水中，反复搓揉至外皮去净为止，然后曝晒或烘干，即为生半夏。半夏一般 667 m^2 产鲜块茎 150～200 kg。质量以个大、去净皮、色白、质坚实、粉性足者为佳。

二、盾叶薯蓣

(一) 概述

盾叶薯蓣（*Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright）），别名黄姜、火头根。为薯蓣科薯蓣属多年生草质藤本植物。根状茎含水不溶性三糖皂苷盾叶皂苷 A 和 B 及水溶性四糖皂苷原盾叶皂苷等，水解后可得薯蓣皂苷元，质量分数 1.3%～16%。性凉，味甘、苦，具有解毒消肿之功效，主治皮肤急性化脓性感染、痈疖早期未破溃、软组织损伤、蜂螫伤、阑尾炎等症。根茎提取的薯蓣皂苷元，是合成避孕药、盾叶冠心宁及多种甾体激素药物最理想的原料，国内外大量需求薯蓣皂苷元。

根茎所含的水溶性皂苷制剂可治疗冠心病。

盾叶薯蓣是我国特有种,主要分布于湖北、四川、云南等省,许多地区已引种栽培成功。盾叶薯蓣是世界上薯蓣属植物中含薯蓣皂苷元最高的种类。

盾叶薯蓣适宜在海拔 500~1 000 m 的低山丘陵地区生长,常与落叶阔叶林、常绿阔叶混交林或稀疏的常绿灌木林共生。

(二) 栽培技术

1. 选地与整地　盾叶薯蓣对土壤要求不严,能在 pH4.5~7.5 的沙土、壤土、黏土中生长,但以中性、土层深厚、土质疏松、排水良好、富含腐殖质的壤土为好,黏土不宜种植。深翻后结合整地,每 667 m^2 施入腐熟厩肥 2 500~3 000 kg,过磷酸钙 30 kg,耙平整细,根据育苗和种植用地情况,开作业道作床和畦,育苗地床宽 1.2 m,种植地畦宽 2 m,床、畦高 15~20 cm,沟宽 40 cm,四周开好排水沟。

2. 繁殖方法　种子和根状茎繁殖。

(1) 种子繁殖　盾叶薯蓣种子发芽适宜温度 20~25 ℃,种子寿命 1~2 年。3 月中、下旬在整好的苗床上开横沟播种,行距 15 cm,播种深度约 3 cm 左右。因种子轻小且具翅,故应先将种子拌细肥土后再播种,播后覆土,保持土壤湿润。约 30 d 左右出苗,大田发芽率在 40%~50%。苗高 3~5 cm 时进行间苗补苗。苗期应加强浇水、除草、施肥等管理工作。秋后按下面根状茎栽植密度栽植。

(2) 根状茎繁殖　作种用的根状茎应选 1~2 年生的,出苗率在 90%以上,多年生衰老的根状茎出苗率仅 60%左右。春、秋两季均可进行,但以秋季为好。先根据节间长短,切成带 1~2 个健壮芽的 5~7 cm 长的小段。栽种密度 20 cm×20 cm,每穴栽 1 小段,穴深 3~5 cm 左右,上端的芽要露出土外,栽后覆土压紧。

3. 田间管理　盾叶薯蓣的田间管理,除抗旱保苗、除草培土外,尚应该注意以下两点。

(1) 搭支架　盾叶薯蓣茎藤可长达 2 m 以上,搭支架生长好、产量高。支架材料可因地制宜,就地取材。

(2) 施肥　5 月下旬至 11 月下旬,是盾叶薯蓣根茎生长期,8—10 月根茎增长最快。在施足基肥的基础上,应早施追肥。在苗期 (4 月中旬) 和初花期 (5 月下旬) 分别施 1 次人畜粪尿 (1 000 kg/667 m^2) 和硫酸铵 (2~3 kg/667 m^2),以促进茎藤生长,制造更多的养料供给根状茎。若施肥不当,如在盛花末期 (8 月) 施速效氮肥,会促进 9 月的第二次小苗大量出土,使每个根茎上可多达 6~8 个幼芽。所以,在 6 月份以后,不宜再追肥。

(三) 采收加工

11 月下旬植株完全枯萎时即可收获。采收时,先撤除支架,割去藤蔓,再挖起根茎。将根茎上的泥沙和须根除尽,切成薄片晒干或放在通风处晾干收藏。切忌用水浸泡淘洗,以避免水溶性的薯蓣皂苷流失。

三、天麻

(一) 概述

天麻 (*Gastrodia elata* Bl.),别名赤箭、明天麻,为兰科天麻属多年生草本植物。以块茎入药,

中药名天麻。块茎主要含天麻甙、对－羟基苯醇、香荚兰醛和多糖等物质。性平，味甘，具有平肝息风、祛风定惊等作用，主治头痛眩晕、肢体麻木、小儿惊风、癫痫抽搐、破伤风等症，尤其对风湿麻痹、筋骨疼痛、运动器官疾病、血液和神经系统疾病有良好的疗效。

天麻全国各地均有栽培，主产于陕西、云南、贵州等省。

天麻无根无正常叶，既不能直接从土壤中吸收无机养分，也不能利用阳光制造有机物质，故不能靠自养生活。在整个生育期中，除有性期约 70 d 在地表外，常年以块茎潜居于土中，从侵入体内的蜜环菌丝中取得营养。天麻与蜜环菌互为寄主，蜜环菌侵入天麻块茎越多，天麻生长发育越快，但若水分过大，土壤通气性差，蜜环菌会反过来分解和吸收天麻的养分，促使天麻腐烂。

天麻的块茎由于生长发育阶段的不同，其形态各异，从外形上可分为 4 个类型：

(1) 箭麻，即商品麻，有顶生红色混合芽，能抽薹开花，抽薹茎杆似箭，故称箭麻。

(2) 白麻，为不抽茎的块茎，多作无性繁殖的材料，即种麻。

(3) 米麻，由箭麻和白麻分生出来的小的天麻块茎，经培育后成白麻，作种麻。

(4) 母麻，箭麻抽茎开花或白麻发出新麻后，原麻体衰老，皮变褐色，麻体内有很多蜜环菌的菌素和新生小天麻。春季采挖时常可见到母麻残体。

天麻喜凉爽湿润环境。野生天麻常分布在多雨雾、土壤富含腐殖质、海拔 1 200～1 800 m 的高山林间。在人工控制温湿度的条件下，防空洞和地下室也能栽种天麻。

(二) 栽培技术

1. 蜜环菌菌材的培养

(1) 培养材料　用作培养菌材的营养填料由木屑和消毒河沙 2∶1 混合，加少量米糠拌匀即成。用作培养蜜环菌的木材为阔叶树种，如麻栎、槲树、水青冈、板栎等，选 6～8 cm 粗的新鲜树干或枝条，锯成 50～60 cm 的短棒，不剥皮，每 6 cm 左右砍一鱼鳞口，以接种蜜环菌菌种。

(2) 菌种培养　蜜环菌菌种每年可培养两次，第一次在 3—5 月，供 6—8 月培养菌材使用。第二次在 7—9 月，供 11 月冬季栽天麻使用。可采集野菌作菌种，也可购买蜜环菌原种作菌种，生产上则多采用旧菌材培养"菌棒"作菌种，菌棒培养方法如下。

选栎类 2～3 cm 粗的幼嫩枝条，斜截成 10～12 cm 长的短棒，挖窖培养。窖深 30～35 cm，视培养菌种多少而定其大小。窖底要挖松修平，铺上一层 10 cm 厚的培养料，于窖底培养料上横放一层旧菌材，旧菌材之间距离约 15～20 cm，然后在与旧菌材垂直方向平铺一层短棒，其一端必须紧靠旧菌材，填上 1 层 5 cm 厚的培养料。如此交错排放数层，直至与地面平。排放完毕后，浇淋马铃薯汁或清水，以渗透至底层为度。亦可排放 1 层，浇淋 1 层，最后盖上 1 层培养料，盖草保湿。

(3) 菌材培养　选择靠近天麻栽培的地方挖窖，深 30～50 cm，宽 1 m，长度视需要而定，一般一窖以培养 100～200 根菌材为宜。将窖底挖松 8～10 cm，放入适量的培养料整平，先在窖底平铺 1 层整好的段木，段木间距 2～3 cm，每根段木的两侧各放菌棒 3～5 根，用培养料填充缝隙，盖没段木。依次铺放 3～5 层，边铺边淋马铃薯汁水透至材底。如用伴栽过天麻的旧菌材作菌种铺放时，每隔两根段木放 1 根旧菌材，在铺放第 2 层时，上下两根菌材要错开，按此铺放 4～5 层，同样淋透马铃薯汁水。铺放完后，再淋 1 次马铃薯汁水，以透底为止。最后覆盖 1 层厚 10 cm 的细砂土，上盖以稻草，保湿并防止雨水冲刷，一般 2～3 个月后即可作菌材培养天麻。

2. 天麻栽培

(1) 选地　在海拔 1 200 m 以上的高山地区，一般温度低，湿度大，应选阳坡栽培天麻；在 800 m 左右的低山地区，温度较前者为高，应选阴坡或林间；在 1 000 m 左右的中山地区，选半阴半阳的山坡为好。以土层深厚、疏松肥沃、排水良好、常年保持湿润的沙壤土为好。

(2) 繁殖方法　主要用无性繁殖和有性繁殖技术。

无性繁殖　种麻应选择发育良好、芽嘴短、无损伤和病虫害、个重 6～10 g 的米麻和白头麻，采用有性繁殖后第一、二代白头麻或野生的白头麻作种栽。栽时要求做到随收随选随栽，若不能及时栽种麻种，可采用层积法，在 1～3 ℃低温下能储藏 6 个月。以地下块茎停止生长，进入休眠期时栽种为最适期，一般地区从 11 月至翌年 4 月栽培天麻，产量最高。分为冬栽和春栽两个时期，春栽在土壤解冻后宜早进行；冬栽从 11 月至土壤封冻以前为宜。栽培方法分活动菌材法和固定菌材法两种。前者方法是选 9 根培养好的密环菌菌棒，开一个 30 cm 深的坑，下层放一层树叶，再放入 5 根菌棒，每根之间空 2～3 cm，将天麻种栽摆在菌棒之间，摆 2～3 个，盖一层细土，再盖一层树叶，将另外 4 根放在上层，摆放好天麻种栽，盖上细土和树叶，最后盖顶土 10 cm 左右，为一穴。后者是将预先培养好的菌床，用锄将其挖开，菌床 5 根为一穴，上层 2 根，下层 3 根，拿出上层菌棒，下层菌棒不动，然后在两棒间用小铁铲挖一个小洞，放入种栽，盖土至与棒平，然后放入上层 2 根菌棒，在菌棒间放几个米麻，盖上土即可。这两种方法都有缺点，前者使培养好的蜜环菌在移动过程中受到损失，因而产量不稳；后者由于培养时间长，菌材易腐朽，影响天麻生长。

有性繁殖　天麻种子微小如粉末状，种子由胚及种皮构成，无胚乳及其他营养贮备，发芽非常困难，必须与萌发菌（紫萁小菇等一类真菌）建立共生营养关系，种子才能萌发。紫萁小菇菌种来源，一是采集麻栎、槲树等野生落叶作菌种，二是培养纯菌种做菌种。播种用的菌床的做法是：于 3—4 月在条件适宜的地方，挖窖作播种菌床。菌床规格：窖深 20～25 cm，宽 90 cm，长以所培菌材多少而定。一般以每窖 3 层培养菌材 15～17 根为宜，采用固定菌材培养法，菌材间距为 2～3 cm，用培养料填充缝隙，然后在菌材上铺上 1 层麻栎，或槲树等落叶，厚约 30 cm，铺平做播种层，再淋以充足的马铃薯汁水，渗透窖底为止，其上覆盖 6～10 cm 厚的麻栎或槲树落叶。6 月中、下旬播种时，揭开菌床上的覆盖物，露出播种层，再铺一层湿润的麻栎或槲树落叶，然后将天麻种子均匀播在上面，随即覆盖 1 层 3～4 cm 厚的麻栎或槲树落叶，再铺放 1 层新材，最后盖草保湿，约 25 d 左右就能发芽。培养 1 年半至 2 年半就能收获部分商品麻，长出白头麻可做种栽，米麻再继续培育。

(3) 窖场管理　在麻种栽后 3 个月内，要多淋水保湿防旱。越冬前要加厚盖土，覆盖落叶杂草等防寒越冬。夏季窖顶淋水，加盖落叶、树枝，以降低窖温；雨季要及时清沟排水，降低窖内湿度；春秋两季还应割除窖顶上的杂草，以利光照，增加窖温。

(4) 病虫害防治　杂菌感染病原是真菌中的多种担子菌，发生严重时，能抑制蜜环菌生长，也能传染天麻块茎，使之腐烂。防治方法：① 严格选择土地，忌原窖连栽。② 培养或选购优质菌种，培养料及其填充物要经日晒灭菌。③ 要注意雨后及时排水，控制好温度（30 ℃以下）、湿度（土壤湿度约 80%）。

白蚁是为害菌材和天麻的主要害虫，亦有蝼蛄、蛴螬及螨类为害。

（三）采收加工

1. 采收　一般在休眠期收获。冬季栽种的，于第二年冬季或第三年的早春采收；春季栽种

的，于当年冬季或第二年早春采收。立冬后至翌年立春前采收的天麻称“冬麻”，立春后至立夏前采收的天麻称“春麻”。收获时扒开泥土，先取出菌材，再取出天麻，将箭麻、白麻、米麻分开装。小白麻和米麻要妥善保管，最好是采收当天栽种。箭麻、大白麻进行加工。

2. 加工　用水洗去泥砂，按大小分级，上笼蒸煮，以对着光看不见黑心为度，大的箭麻需蒸半小时以上，小的需 10～20 min，蒸后取出摊开，晒干水分，再用文火烘炕，并经常翻动，较大的箭麻用细竹针扎入麻体，使容易干燥，当烘至麻体变软时，停火降温，使其发汗，然后再烘至全干即成。

一般 667 m^2 产 200 kg 左右，高产时可达 500 kg 以上。以个大、质坚实、色黄白、断面半透明、无空心者为佳。

第三节　树皮类药用植物

一、概述

凡主要以茎皮或根皮入药的植物，均属于树皮类药用植物。树皮类药用植物均为木本，除秦皮、牡丹外，多为较高大的乔木。我国栽培的树皮类药用植物种类主要有厚朴、黄柏、杜仲、肉桂、秦皮、川楝和金鸡纳 7 种，分属于 7 个科。其他还有柳树皮、榆树皮、远志、五加皮、合欢；豆科植物紫荆、海桐皮等。根皮类主要有牡丹等，厚朴、黄柏等的根皮亦供药用。

树皮类药用植物树龄长，一般至少 10 年以上才能采收。多采用种子繁殖，也能采用营养繁殖，如厚朴可以压条繁殖，秦皮可以扦插繁殖，金鸡纳树可以嫁接繁殖，栽培上都采取育苗移栽。

二、杜仲

(一) 概述

杜仲（*Eucommia ulmoids* Oliv.）为杜仲科杜仲属植物，仅其一种。杜仲别名丝棉木、思仲、乱良丝、扯丝皮、丝棉皮、玉丝皮等。以树皮及叶入药。树皮含有杜仲胶和树脂，性温、味甘、微辛，补肝肾、强筋骨、安胎、降压，主治肾虚腰痛、腰膝萎弱、小便余沥、胎漏欲堕、高血压等。杜仲是我国的特产，原产于我国中、西部，栽培分布于贵州、四川、湖北、陕西、山东等省。目前世界各地都有栽培。

杜仲根据树皮的粗糙、光滑程度，划分为粗皮杜仲、光皮杜仲和介于两者之间的中间类型。粗皮杜仲又名青杠皮，光皮杜仲又名白杨皮，光皮杜仲的外皮薄而轻，内皮厚而重。因此，从药用或工业生产用都以栽培光皮杜仲为佳。杜仲喜温暖，但能耐严寒，宜湿润气候，干燥气候使幼苗发育缓慢，植株矮小。杜仲属阳性树种，荫蔽环境不宜种植，但幼苗期宜稍阴的环境，造林密度不宜过大。

(二) 栽培技术

1. 选地　对土壤的要求不严，多种土壤中都能生长。但以结构良好、土层深厚、肥沃、湿润、

排水良好的大土泥和黄泥最好。喜微酸性土壤,适宜范围在 pH5～7.5 间。

2. 繁殖方法　可采用种子繁殖、扦插(枝插、根插)繁殖、埋根繁殖、分株繁殖、压条繁殖和嫁接繁殖等方法。一般采用种子繁殖。种子繁殖方法如下。

(1) 种子催芽　杜仲种子的寿命不长,很容易丧失生命力,一般只能保持半年至 1 年左右。新鲜湿润的种子发芽率高,干燥种子发芽率低;冬播种子发芽率高,早春播的发芽率次之,晚春及初夏播种的发芽率最低。冬播种子可不处理,或用冷水浸泡 2～3 d 后播种。春播种子必须进行催芽处理后才能播种,否则发芽率低。有两种催芽方法:① 湿砂催芽。播种前 30～50 d,将种子与湿砂混合,堆在阴凉通风处,厚约 40 cm,用稻草盖好,常洒水保湿,当种子萌动,稍露白尖时,筛出播种。② 温水浸种。用 60 ℃的热水浸种,随时搅拌,直至凉后,再浸泡在 20～25 ℃的温水中 2～3 d,每天浇水两次,捞出晾干后播种。

(2) 播种　冬播在 11—12 月,发芽率最高,春季出土早而整齐。以条播较好。在苗床上横开播幅宽 13～16 cm,深 3～5 cm 的播种沟,沟心距为 23～26 cm 或 30～33 cm。沟内均匀地播入种子,每 667 m^2 用种量 5～8 kg。播种后覆以堆肥或细土,厚 3 cm 左右。再盖一层稻草,以防霜冻和土壤干燥。

(3) 苗期管理　当苗高 3～4 cm 时,揭去盖草,同时进行第一次除草。幼苗有 4～6 片小叶时进行间苗,间苗后进行第二次中耕除草,根据杂草生长情况,进行中耕除草 1～2 次。一般追肥三次,第一次在间苗与中耕除草后,另两次在 8～10 和 12～14 片叶时。一般每 667 m^2 施较浓的人畜粪尿 2 000 kg。保持湿润和注意排水。

(4) 定植　从秋季落叶时起到次年春季发芽前都可以进行定植。育苗管理得好,一年生苗就可移栽。按行株距各 2～3 m 挖窝,要深、宽、底平,窝中施入堆肥。每窝栽苗 1 株,根要舒展,逐层填土压紧,上面覆松土一层,最后浇定根水。

3. 田间管理

(1) 中耕除草　每年春、夏之时进行中耕除草一次。中耕深度约 6～10 cm,不宜过深,以免伤根。植株封林后,每隔 3～4 年,在夏季进行中耕一次。

(2) 追肥　定植后,每年或隔年春追肥一次。

(3) 杜仲管理过程还要进行除萌修剪,定植 5～6 年后还要采取截顶整枝、纵伤树皮等措施,以让养分集中供应主干和主枝,促进加粗生长、增厚皮层。

4. 病虫害防治

(1) 病害　苗期主要发生立枯病、根腐病和叶斑病等。要控制密度,及时间苗,保证通风透光良好,按常规方法防治。

(2) 虫害　主要有地老虎、刺蛾类、橡皮虫、蚜虫等。

(三) 采收加工

1. 采收　定植 15～20 年后,就可以剥皮。剥皮的季节宜在高温多湿的夏季,此时,树木生长旺盛,体内汁液多,易剥皮,树皮再生能力强、成活率高。最好在多云或阴天进行。有 3 种剥皮方法,即砍树剥皮、部分剥皮、环状剥皮。后两种剥皮方法能保护树木,充分利用资源,并提高单株产量。一般剥皮 3～4 天后可形成愈伤组织,呈绿色,会逐渐长出新皮。若树干一周均呈黑色,则说明整株死亡,只有砍去树干使之萌蘖更新。

2. 加工　剥下的杜仲皮,用开水烫后放于平地上,用稻草垫底,使树皮相互紧密重叠,上盖

木板，再加上石板压平，然后用稻草覆盖使之发汗，至树皮内部已成紫栗色，即可取出晒干，即成药材。

第四节　叶类与全草类药用植物

全草类药用植物的药用部位为植物的茎叶或全株，主要栽培植物有马兜铃科的细辛；爵床科的穿心莲；唇形科的藿香、荆芥、薄荷；葫芦科的绞股蓝，伞形科的柴胡；兰科的石斛等。叶类药用植物的药用部位为植物的叶片，如大青叶、芙蓉叶、银杏叶、荷叶、功劳叶、杜仲叶、芦荟等。

一、薄荷

(一) 概述

薄荷别称鸡苏，为唇形科薄荷属多年生草本植物。薄荷主要含挥发油，如薄荷脑、薄荷酮等。薄荷性凉、味辛，具有疏散风热、利咽喉的功能，可治感冒发热、头痛、喉痛、无汗、风疹、皮肤发痒、风火赤眼等病。薄荷油、薄荷脑是医药、香料的原材料。

薄荷原植物有薄荷、家薄荷、绿薄荷、欧薄荷，龙脑薄荷等。我国广泛栽培供药用的为家薄荷（*Mentha haplocalyx* Briq. var. *piperascens* (Malinvaud) C. Y. Wuet H. W.），主产于江苏、江西、四川、山东、安徽等地。家薄荷的栽培品种很多，尤其是专供提取薄荷油、薄荷脑的品种更多，如江苏一带的"苏薄荷"(包括小叶黄种薄荷、红叶臭头薄荷、白叶臭头薄荷、大叶青种薄荷)、从日本引进的"胜利薄荷"、四川的"351 薄荷"和"中江薄荷"。

薄荷对气候环境的适应性较强，在海拔 2 100 m 以下的地区都能生长，但以低海拔，日夜温差大的地方，其油和脑的含量较高。除开花期要求稍干燥外，薄荷喜温暖湿润环境，能稍耐积水，不耐干旱。根茎具有较强的耐寒力，可安全越冬。薄荷属喜光性植物，阳光充足利于产量和品质提高。

(二) 栽培技术

1. 选地整地　pH6. 5～7. 5 的沙壤土、壤土或重壤土均可栽培，以结构良好的油砂土或夹砂土为好。黏重、瘠薄或酸碱性太强的土壤不适于栽培。薄荷需肥量多，病虫害较多，不宜连作，一般 2～3 年轮作。每 667 m^2 先撒施约 2 000～2 500 kg 腐熟厩肥，然后深翻 25～30 cm，耕耙两次，疏松、细碎、整平、作畦。

2. 繁殖栽种　薄荷的繁殖方法有根茎、分株、种子、匍匐茎及扦插等，以根茎繁殖为主。

(1) 根茎繁殖　收割薄荷后，保留根茎在土里。选择白色肥大的根茎，剪成 6～10 cm 的短节作繁殖材料。在 10 月下旬至翌年 3 月末萌发前均可栽种，以早春雨水前后较好。667 m^2 根茎可供 6 670 m^2 新植之用。栽植方法有穴栽和沟栽两种。穴栽以行距 30 cm，穴宽 20 cm，深 7～10 cm。每穴丢入根茎 2～3 节，再施入人畜粪尿于穴内，稍加覆盖细土。沟栽按行距 25～30 cm开沟深 7～10 cm，把未剪断的根茎一根接一根地顺放沟中，每沟平行顺放两行，然后施入人畜粪尿后覆细土。

(2) 移栽　在 3 月下旬至 5 月上旬，苗高 10～15 cm 以上时，选择阴雨天把苗拔起移栽到大

田里。栽植方法为按穴行 20 cm 挖穴，每穴栽苗 1～2 株。栽后 1～2 d 内，用稀淡人畜粪尿浇施 1 次。

3. 田间管理

⑴ 锄草松土　秧苗移栽成活后进行第一次锄草松土；苗高达 20～25 cm 时，进行第二次锄草松土。宜浅锄、免伤根。每次收割后，及时中耕 1 次，太密的，可以锄死部分根茎，以保持植株通风透光良好，松土深度 3～5 cm 为宜。

⑵ 施肥　施肥以氮肥为主，辅磷、钾肥，每次中耕锄草时均应追肥 1 次。割收后施肥量应多些。一般以粪尿为主，也可用饼肥泡水腐熟后加水施用。每年最后一次收割后，结合中耕，施较浓的人畜粪尿外，再撒盖火烧土、厩肥、堆肥等作冬肥。

⑶ 灌溉排水　薄荷喜湿润，怕干旱，应及时浇水灌溉，每次收割后，应结合施肥浇水保湿，促进根茎迅速萌发新苗，提高产量。雨季注意排水。

4. 病虫害及其防治

⑴ 病害　主要有薄荷白粉病、薄荷锈病、斑枯病等。常规方法防治。

⑵ 虫害　主要有斜纹夜蛾、银纹夜蛾、小地老虎等为害。常规方法防治。

㈢ 采收加工

1. 采收　一般年收割 2～3 次。2 次收割的，第一次在大暑，第二次在霜降。收割 3 次的，第一次在夏至，第二次在处暑，第三次在霜降。头刀生长较好，高大粗壮，但油、脑含量较低。二刀与三刀称“秋叶”，不如头刀高大粗壮，但含油、脑量高。收割在连续天晴日的上午露水干后至下午 14 时前，短期内尽快割完。阴雨天或初晴时，不宜收割。

2. 加工

收割后立即就地摊开曝晒，不要堆积放置，避免影响品质。曝晒半干后可运回加工，提取薄荷脑。

二、柴胡

㈠ 概述

柴胡（*Bupleurum chinense* DC.），别名竹叶柴胡、北柴胡。为伞形科柴胡属多年生草本植物。以全草或根入药，含皂甙、挥发油等。性微寒、味苦，具有解表和里、退热、升阳、疏肝解郁的功能，主治感冒、上呼吸道感染、疟疾、寒热往来、胸胁胀痛、肝炎、胆道感染、胆囊炎等症。药理研究表明柴胡具有良好的解热镇痛和消炎作用。

大量种植的还有同属植物狭叶柴胡 *B. scorzonerifolium* Willd，别名南柴胡、红柴胡。

柴胡分布广泛，北柴胡主产于河北、河南、辽宁、山东等省。南柴胡主产于湖北、四川、安徽、吉林等省。

柴胡喜温暖湿润环境，好光，忌荫蔽，耐寒，耐干旱，宜湿润，怕水涝。

㈡ 栽培技术

1. 选地整地　对土壤要求不严，但宜选土层深厚、疏松肥沃、排水良好的夹砂土或壤土。荒山、荒地亦可栽种，不宜选盐碱地以及重黏土种植。

把地深翻土壤 30 cm 以上，整平耙细，每 667 m^2 施入腐熟厩肥或土杂肥 3 500 kg 作基肥。

种植前，再翻耕两次，使土壤熟化，作畦待栽。

2. 繁殖方法　用种子繁殖，育苗移栽和直播。

(1) 育苗移栽　育苗地按常规方法选地、深翻、施足基肥、翻耕，耙平整细作畦。3月上旬至4月下旬播种。播前将种子用40 ℃的温水浸泡一天，晾干后按行距10 cm横向开浅沟条播，沟深1.5 cm，覆土稍压，浇水后盖地膜或稻草，保温保湿，约20 d出苗。齐苗后去覆盖物，培育一年，翌年2月上旬至4月中旬出圃定植。按行距15～20 cm、株距5～15 cm、沟深10 cm定植，带土移栽，栽后浇足定根水，再覆土与畦面平。

(2) 直播　以上述方法将种子处理后，按行距20 cm在畦上横向开浅沟条播，沟深1.5 cm，将种子均匀地撒在沟内，覆薄土，浇透水，覆草或地膜。出苗后，揭草或地膜、间苗、补苗、除草，当苗高10 cm时，按株距10～15 cm定苗。

3. 田间管理

(1) 中耕除草　当苗高10 cm以上时，进行松土除草，每1个月1次，至封行止。

(2) 追肥　第一年营养生长期间，追肥以氮肥为主，一般施3次：第一次在4月中、下旬，第二次于6月下旬或7月上旬，第三次于秋后植株枯萎时。每667 m^2施腐熟厩肥或土杂肥2 000 kg，过磷酸钙30 kg。第二年生殖生长期间以磷肥为主，也施肥3次，第一次于4月上、中旬，第二次6月下旬，第三次8月中旬，每667 m^2施复合肥料30 kg。

(3) 摘除花蕾　当7月下旬至8月上旬出现花蕾时，除种子地外，一律将其摘除。

(4) 排水　柴胡怕水涝，在多雨季节，要注意疏沟排水。

4. 病虫害防治

(1) 病害　根腐病是柴胡的主要病害，多发生在高温多雨季节。定植时要严格剔除病株弱，并用50%托布津1 000倍液浸根5 min，晾干后栽种，要增施磷、钾肥，雨季注意清沟排水。

(2) 虫害　主要是蚜虫，多在苗期及早春返青时为害叶片。黄凤蝶、赤条椿象等亦为害。

(三) 采收加工

柴胡可连续采收3年，播种当年、第二年和第三年8—9月，植株生长旺盛，花初开时采收，把全株齐地割下，晒或阴干。第三年还要把根挖起，晒干即可。第一年每667 m^2产150～250 kg，第二年可达500～600 kg，第三年收茎、根共550 kg左右。还可以在春季幼苗6 cm左右时刨出，连根带苗晒干供药用，称芽柴胡。

第五节　花类药用植物

一、概述

药用部位为植物的花蕾或开放的花或花的一部分。目前，全国栽培的花类药用植物有20多种，常见的如金银花、月季花、玫瑰花、菊花、红花、蒲黄、番红花、玉兰、槐米等，其中以菊科植物最多。

花类药用植物采收技术性强，对品质的要求严格，主要体现在两方面：一是要按一定的生长

发育期采收，如槐花应在花蕾期采收，金银花要在将开放时采收，菊花、红花、番红花等在花盛开时采收。二是要按一定的部位采收，如采全花朵的有金银花、洋金花，采收花序的有菊花，采收花冠的有红花，采收花柱的有番红花，采收花粉的有蒲黄等。

二、金银花

(一) 概述

金银花（*Lonicera japonica* Thunb.）即忍冬，别名银花、忍冬花、双花、二花、二宝花，为忍冬科忍冬属的多种植物。主要以花蕾或将开的花入药，含氯原酸、乙氯原酸、皂甙等。金银花性寒、味甘，具有清热解毒、广谱抗菌、抗病毒及抗真菌的作用，主治风热感冒、咽喉肿痛肺炎等症。

全国各地均有野生。主要栽培分布于山东平邑、费县，河南密县、登封等地。山东所产叫“东银花”，河南所产称“南银花”或“密银花”。东银花栽培品种分为墩花与秧花两大类，墩花类又分鸡爪花、鹅翎筒、大毛花三种，以鸡爪花的产量最高，易采摘，抗病抗旱。密银花栽培品种分为小白花与毛花两种，小白花含水分少，品质好。

金银花喜阳忌荫蔽，抗旱耐涝，耐寒耐热，在冬季严寒地区，冬天形成落叶藤本，在长江、珠江流域，冬天形成常绿藤本。

(二) 栽培技术

1. 选地整地　金银花对土壤选择不严，各类土壤都可以栽培。金银花可以不占用耕地，可利用地边、荒坡等进行种植。一般不需要普遍翻地，只按行株距挖大窝施入基肥后以待种植。

2. 繁殖方法　金银花可以用种子育苗移栽，茎扦插、压条、分株等诸种方法种植。

(1) 扦插繁殖　可扦插育苗移栽或直接扦插。扦插时期一般在立春前新芽还未萌发前进行。选一至二年生枝条，剪成长 30 cm 左右的扦条，每根有 7～10 节。按行距 26～30 cm 开沟，深约 23 cm 左右，将插条斜插于沟内，株距 3～7 cm，地上露出 3～7 cm，填土踩紧，浇水保湿。半月左右即生根发芽，翌年春季移栽。

(2) 分株繁殖　于立春至雨水期间，从已生长几年的株丛中，挖取部分萌蘖或植株移栽。一年就会开花。

(3) 种子育苗　10—11 月果实成熟后，水中搓洗去果皮、果肉，趁鲜播种育苗。不能将种子干燥，干种子不能发芽。一般采用撒播，也可以条播，若气候暖或播种早，当年就可以出苗。苗期要勤除杂草，苗高 16 cm 左右时，剪去顶端，促其早发分枝。

(4) 移栽　出苗的当年或次年早春进行移栽。按行株距 1.3～1.7 m 挖大窝，深、宽约 30 cm 左右，施足底肥，每窝栽苗 3～4 株，填土踩紧，浇水定苗。

3. 田间管理

(1) 中耕除草　每年进行多次。在栽植成活后，进行一次中耕除草。以后视情况，再进行 2～3次。最后一次安排在秋末冬初霜冻之前进行，并培土以保护植株越冬。第二年起每年新叶尚未萌发时，中耕培土一次。进入开花龄后，宜安排在摘头批花后中耕。植株周围松土宜浅些，以免伤根。

(2) 追肥　萌发新叶后，第一次重施肥料催苗，冬季再施一次越冬肥。以后每年结合中期松土进行追肥，肥料以堆肥、圈肥为好。

(3) 植株修整　金银花生长发育快,枝叶繁茂,常因通风透光不良造成叶片发黄脱落,开花减少。每年冬天或早春应进行一次修剪,一般修整成灌木状伞形,不用搭设支架。种植较少的多搭支架,让其缠绕生长。

4. 病虫害防治

(1) 褐斑病　忍冬病害很少,主要有褐斑病,7—8月发生。可用常规方法防治。

(2) 虫害　主要有蚜虫、天牛、尺蠖等为害。

(三) 采收加工

1. 采收　金银花一般在移栽后第三年开花。花期4—8月,主要是5—6月,其次是7月。通常摘第一批花和第二批花。采收金银花必须掌握好时机,以花蕾由绿色转为白色,上部显著膨大,即将开放时适宜采收。宜选择晴天进行。

2. 加工　采回的金银花,应及时进行暴晒,忌堆置。花未晒至八九层干时,切忌翻动,否则花会变黑。如连续阴雨天气,就要把花放入烘房中烘干,花不宜过多,温度掌握在40℃左右。

第六节　果实及种子类药用植物

果实类药用植物的药用部位为植物的未成熟或成熟的果实或果皮、果肉等。可分为肉果类和干果类两种。

凡以肉质果实或果实的肉质部分入药的药用植物都属肉果类。我国目前栽培的肉果类药用植物分布广,种类多,生物学特性各异,但在栽培上均有共同点,必须进行育苗移栽。肉果类药用植物有13种,原植物种类有22种,分属于8科,枸杞、宁夏枸杞属茄科;山茱萸属山茱萸科;乌梅、木瓜属蔷薇科;枳壳、佛手、香橼属芸香科;栝蒌属葫芦科;大枣属鼠李科;北五味子属木兰科;龙眼属无患子科。这些植物多为木本,极少数为多年生草本。在栽培上采用种子繁殖,扦插繁殖、压条繁殖,须进行育苗移栽。对气候条件的要求差异性大,以亚热带植物居多,能耐严寒的植物很少。肉果类药用植物可概括为4种类型:亚热带植物,如龙眼、佛手、香橼、枸橼、枳等;喜温和、湿润气候的植物,如乌梅、木瓜、栝楼、山茱萸等;喜温和稍干燥气候的植物,如枸杞和大枣等;喜寒凉、湿润气候的植物,如北五味子。

干果类药用植物的果实多为蒴果、坚果、瘦果、双悬果。药用植物主要有牛蒡子、马兜铃、使君子、栀子、吴茱萸等。分别属于菊科、马兜铃科、使君子科、茜草科。喜温暖、潮湿、阳光充足的环境。牛蒡子宜栽种于海拔较低的平原、丘陵或低山区。马兜铃喜温暖、湿润环境,宜生长于肥沃、疏松、富含腐殖质的砂质壤土。使君子喜温暖环境,栀子宜栽种于土层深厚、疏松、肥沃、排水良好的夹砂黄壤土,吴茱萸宜栽种于土质疏松、肥沃、排水良好的夹砂土和油砂土。

以种子供药用的植物属种子类药用植物,栽培的约30种。如薏苡、酸枣、葫芦巴、栝楼子、紫苏子、葶苈子、车前仁、白果、杏仁、蔓荆子、火麻仁、决明子等。

一、枸杞

(一) 概述

枸杞栽培品为茄科枸杞属植物宁夏枸杞（*Lycium barbarum* L.），别名枸杞豆、杞子、血杞子、宁杞等，为蔓生落叶灌木或经栽培整枝成为小乔木状。以果实、根皮等入药，中药分别称为枸杞子、地骨皮。果实含甜菜碱、维生素、烟酸和多糖等。枸杞子性平、味甘，有滋补肝肾、益精明目之功效，主治肝肾阴虚、精血不足、腰膝酸痛、视力减退等症。

枸杞栽培历史悠久，主要分布于宁夏中宁、灵武，其次为天津，现在山西、内蒙古、陕西、甘肃、青海、四川、新疆、山东等地均有栽培。主要品种有麻叶枸杞、大麻叶枸杞、白条枸杞、卷叶枸杞、尖头黄叶枸杞、圆头黄叶枸杞、尖头圆果枸杞等十几个品种。

枸杞适应性强，能耐寒、耐旱、耐盐碱，但又不宜热、涝、旱，以凉爽气候为宜。枸杞喜光，在荫蔽条件下产量低。

（二）栽培技术

1. 选地整地　选择地势平坦、排灌方便、阳光充足的地方，以土层深厚、土质疏松、肥沃的砂质壤土和中性或微碱性的土壤为好。育苗地于播种前头一年秋季深翻土地，每 667 m^2 施入腐熟基肥 4 000 kg，灌冬水，翌年开春整地耙平，作畦待播。

2. 繁殖方法　可以采用种子、扦插、分株和压条等技术，以种子繁殖为主。

（1）种子繁殖　播种前将留种用的干果在水中浸泡 1～2 d 后，搓出果皮和果肉，在清水中淘洗出种子，取沉淀底层的种子，晾干待播。

春、夏、秋三季均可播种，以 3 月下旬播种为好。按行距 25～30 cm 开横向浅沟条播，沟深 2～3 cm，播幅宽约 8 cm。用细砂或草木灰拌匀播入沟内，覆细土 1～2 cm，稍压后盖草，保温保湿。每 667 m^2 用种 150～200 g。播种后 10 d 左右出苗，揭去盖草。

当苗高 1.5～3 cm 后每隔 20～30 d 松土除草一次。苗高 5 cm 左右时进行第一次间苗，按株距 5～6 cm 留苗；苗高 6～9 cm 时进行第二次间苗，按株距 12～15 cm 定苗，每 667 m^2 留苗 1 万～1.2 万株。苗高 30 cm 时，应及时抹除从基部发出的侧枝；苗高 60 cm 以上时，应打顶以加速主干和上部侧枝生长粗壮。结合中耕，在 5、6、7 月追肥 3 次。春季播种的苗于当年秋后可定植；夏、秋季播种的苗于冬季灌 1 次封冻水，于翌年秋后定植。

（2）扦插繁殖　于春季萌发前，取优良母树上的二年生枝条扦插，保持苗床土壤湿润，搭矮棚遮阴，苗高 80 cm 左右时即可定植。也可在种植地直接进行扦插。成活后加强肥水管理，当年即可开花结果。

（3）分株繁殖　直接挖取枸杞的根蘖苗作定植材料，此法省工，成活率也高。

（4）定植　春、秋季均可定植，以春季定植为好。按行株距 2 m×2 m 栽植。

3. 田间管理

（1）中耕除草　定植后的头几年，可在幼树株行间种植农作物或药材，结合间作进行松土除草、灌溉、施肥等田间管理措施，以促进幼树生长。

（2）灌溉排水　枸杞在生长过程中需经常灌水，在每次采果后都应灌 1 次水，10 月底至 11 月上旬施基肥后再灌 1～2 次封冻水。但浇水不宜过量，否则会引起烂根和死亡。

（3）施肥　枸杞对肥料很敏感，追肥对产量和质量有很大的影响。一般每年需施肥多次。生长期（5 月上旬、6 月上旬和 6 月下旬）追施腐熟人畜粪水或尿素、硫酸铵等速效肥 3 次，施后灌水，盖土。11 月中旬，于每株根际周围穴施人畜粪 20 kg，土杂肥 50 kg，饼肥 1 kg，并在根际培土，以利越冬。

(4) 整形修剪　根据枸杞树体生长情况，每年都要进行修剪。一般采取“疏散分层形”，树高2 m左右，从主干上发出主枝，在中央主干上呈3层分布，各层间有一定间距，主枝与中央主干呈一定角度，向外张开，通风透光。

(三) 采收加工

1. 采收　于8—9月果实成熟后采收。果实橙红、果肉稍软、果蒂较松时及时采摘。过早或过迟采摘，均会使果实干燥后色泽不好，影响质量。勿采雨后及露水果。

2. 加工　采后及时晒干或烘干。晒果时忌用水，不宜翻动或搅拌，忌强烈阳光下暴晒过久。

二、瓜蒌

(一) 概述

瓜蒌，又名栝楼，葫芦科栝楼属，有栝楼（*Trichosanthes kirilowii* Maxim）、双边栝楼（*T. uniffora* Hao）或大子栝楼（*T. truncata* Clarke），属多年生落叶草质藤本。果实、种子、根均可入药。果实名瓜蒌，含三萜皂甙、有机酸等，能宽胸散结、清热化痰；瓜蒌仁为干燥成熟种仁，能润肺化痰、滑肠通便；根名天花粉，能生津止渴、消肿排脓。

全国大部分地区有栽培，主产于山东、安徽、河南等省。

瓜蒌喜温暖湿润，但怕旱怕涝，较耐寒，宜半阴半阳环境，对土壤要求不严，以土层深厚、疏松肥沃的砂质壤土为好。

(二) 栽培技术

1. 繁殖方法　多采用种子繁殖、分根繁殖，也可压蔓繁殖。

(1) 种子繁殖　种子繁殖既可育苗移栽，也可直播，主要是直播大田。

于9—10月，采收成熟果实，悬挂于阴凉通风干燥处晾干。随种随取出种子，放入40 ℃的1%盐水中浸泡4～6 h，再在冷水中浸泡24 h，沥干水分，与3～5倍湿细砂混拌，置于25～30 ℃催芽，待大部分种子裂口露白后即可播种。

于早春2月中旬至3月上旬进行直播或育苗。直播：在整好的栽植地上，按行株距130 cm×50 cm挖穴，穴径和穴深各30 cm，施入腐熟堆肥后盖上10 cm厚的细土，每穴播入种子5～7粒，覆盖细土厚约2～3 cm，盖草保温保湿，出苗后去草。苗高6 cm左右间苗，每穴留2株。

(2) 分根繁殖　首先选好种根，以果实为目的，选雌株；以块根为目的，选雄株。雌株茎叶表面无毛或有短而稀的白毛。选定后，在初冬挖出部分块根，放入室外略潮湿的土窖内藏。次年早春，将根取出，切成6～10 cm长的小段，按行株距1.5～2 m挖穴，径约50 cm，深30～33 cm。每穴栽种根3段，品字形摆放，覆土后施入稀薄粪水。

2. 田间管理

(1) 中耕除草　每年春、秋两季进行中耕一次，除去杂草。生长期见草就除，保持田间无杂草，植株封行后停止。

(2) 施肥　苗高1.5 m时，追施一次尿素，5、6、7三个月分别追施一次复合肥。从第二年起，每年追肥两次，首次于苗高30 cm时，第二次于6月开花前，施用腐熟厩肥或饼肥，过磷酸钙与土杂肥混合堆沤后开沟施入，覆土浇水。

(3) 灌溉　每次追肥后，浇水一次。平时如遇干旱应及时浇水，保持土壤湿润。

(4) 搭架　当茎长 30 cm 时，每株留粗壮茎蔓 2～3 条上攀缘物，其余弱蔓全部剪除并搭设棚架，架高 1.5 m，一行栝楼一行柱子，隔 2～2.5 m 立柱一根，2～3 行搭一横架。

(5) 修整　栽种第二年后，每年藤蔓上架前，每窝只留 3 根藤蔓，并引上棚架，其余腋芽和分枝均除去，上架后为了保证植株和通风透光，应及早摘除过多的腋芽和分裂枝，使枝条分布均匀，不致挤压，才能多开花结果。

(6) 人工授粉　以生产果为主时，按雌雄 6∶1 配置。于花期早晨 8—9 时授粉。

3. 病虫害防治

(1) 根结线虫病　是栝楼的主要病害，拔起病株，用针挑开根部的瘤状物，可见白色雌线虫。按常规方法防治。

(2) 虫害　为害的主要有黄守瓜、蚜虫等。

(三) 采收加工

1. 果实　栝楼栽种后 1～2 年开始结果。全栝楼于秋分前后成熟，当果实呈淡黄色时，便可分批适时采摘。如采收过嫩，肉质不厚种子不成熟；采收过老，果皮变薄，产量减少。采摘后挂起阴干，干后色泽鲜红，切勿曝晒或烘烤，否则色泽深暗。若将鲜瓜用纸包好，悬挂通风处晾干，即成全栝楼；将成熟的果实从果蒂处对剖开，取出内瓤和种子，晒干或烘干，即成栝楼皮；内瓤和种子加草木灰用手反复揉搓，在水中洗去内瓤，晒干即成栝楼仁。

2. 天花粉　栝楼一般于栽后第三年霜降前后挖根。挖时沿根的方向深刨细挖，避免挖烂。挖取后去芦头，洗泥土，刮去粗皮，切成 10～20 cm 长的短节，粗的纵剖为 2～4 块，晒干或烘干。或者放入清水中浸泡 4～5 天，切成 3 cm 长的小段，然后将其捣烂、磨碎、滤去杂质，澄清滤液，取出沉淀物，晒干即为纯正的天花粉。

三、牛蒡子

(一) 概论

牛蒡子，别名大力子、鼠粘子、恶实，为菊科牛蒡属二年生草本植物牛蒡（*Arctium lappa* L.）的成熟果实。果实含牛蒡甙、脂肪油、甾醇、维生素 B_1 等。能疏散风热、宣肺透疹、消肿解毒。

全国各地均有分布，主要栽培分布于河北、吉林、辽宁、浙江、四川、安徽、山东。

牛蒡喜温暖、湿润、向阳环境，能耐寒，适应性强。在高山、丘陵、低山均能种植。但在高山区生长缓慢，3 年以上才开花结果。性耐寒、耐旱，植株在严寒地区能安全越冬。牛蒡主根发达，系深根作物，不能种植于低畦积水地方。

有早熟种和晚熟种两种。早熟种，植株高 0.8～1.3 m，茎紫色，叶面深绿色，皱缩大，花冠紫色，成熟期比晚熟种提前 1 个月；晚熟种，植株高 1～2 m，茎灰色或淡紫色，叶片淡绿色、皱缩。

(二) 栽培管理

1. 选地整地　牛蒡为深根性喜肥植物，宜选择地势高燥，阳光充足，深厚、肥沃、疏松的壤土和沙壤土种植。

2. 繁殖方法　用种子直播，在整好的畦面上按行距 60 cm×70 cm，株距 50 cm 挖穴，深 5～7 cm。每穴散开播入种子 5～6 粒，覆盖拌有粪肥的火土灰厚约 2 cm，稍填压后用细孔喷壶洒水，保持土壤湿润，半个月即可出苗。每 667 m^2 用种量 1 kg 左右。

3. 田间管理

⑴ 间苗　10 月下旬至 11 月上旬，苗高 16～20 cm 时，结合第一次中耕除草间苗一次，每穴留壮苗 2～3 株。

⑵ 中耕除草　一般进行三次，第一次在间苗时进行；第二次于次年 3 月进行；第三次在 4 月中旬至 5 月初进行。中耕深度 7～10 cm。植株封行后不再进行。生长期保持土壤疏松、无杂草。

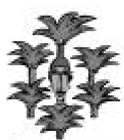
⑶ 施肥　牛蒡喜肥，生育期需肥量大。一般每年追肥三次，第一次中耕除草后，第二次于翌年幼苗返青后，第三次于中耕除草后。

4. 病虫害防治　主要病害为黑斑病，苗期危害严重。虫害主要有蛀虫、红蜘蛛和地老虎为害。常规技术防治。

(三) 采收加工

1. 采收　于播种后第二年 7—8 月，当苞片呈枯黄时采收。成熟一批采收一批，宜在早晨或阴天采摘。注意戴上口罩、风镜和手套，以防果实上的细冠毛伤害眼、皮肤。

2. 加工　采回后，先将果序摊开曝晒，充分干燥后用木棒反复打击，脱出果实，除净杂质，晒至全干。



思考题

1 简述我国药用植物资源状况及植物药材生产状况。

2 为什么要适时采收药材？举例说明几种不同种类药材采收时期、标志和采收方法。

3 举出药用植物中几种常见的阳性植物、阴性植物和耐阴植物。

4 瓜蒌如何进行种子处理和育苗。

5 简述天麻在有性繁殖和无性繁殖过程中与共生菌的关系。

参 考 文 献

1 曹卫星.作物学通论.北京:高等教育出版社,2001
2 陈琰芳,刘洪涛.中国花卉科研技术进展.世界农业,1998
3 董树亭,王振林.作物栽培学.北京:中国农业出版社,1995
4 葛晓光主编.蔬菜学概论(北方本).北京:中国农业出版社,1994
5 胡跃高.农业总论.北京:中国农业大学出版社,2000
6 户刈义次主编.作物的光合作用与物质生产,北京:科学出版社,1979
7 江苏农学院主编.植物生理学.北京:中国农业出版社,1986
8 蒋先明主编.蔬菜栽培学总论、各论.北京:中国农业出版社,2000
9 焦自高,徐坤主编.蔬菜生产技术(北方本).北京:高等教育出版社,2002
10 李光晨,范双喜主编.园艺植物栽培学.北京:中国农业大学出版社,2001
11 李绍华,罗正荣,刘国杰等.果树栽培概论.北京:高等教育出版社,1999
12 梁建余,郭康泽.世界花卉业科研进展及发展趋势.世界农业,1998
13 刘世琦主编.蔬菜栽培学.北京:金盾出版社,1998
14 卢育华主编.蔬菜栽培学各论.北京:中国农业出版社,2000
15 马凯.园艺通论.北京:高等教育出版社,2001
16 庞鸿宾.节水农业工程技术.郑州:河南科学技术出版社,2000
17 山东农业大学主编.农学概论.北京:中国林业出版社,1995
18 沈岳清,马永文.植物生长调节剂与保鲜剂.北京:化学工业出版社,1990
19 宋德勋.药用植物栽培学.贵阳:贵州科技出版社,2000
20 佟屏亚.试论耕作栽培学科的发展趋势和研究重点.耕作与栽培,1993
21 王中英主编.果树学概论(北方本).北京:中国农业出版社,1994
22 吴淑芸,曹辰兴.蔬菜良种繁育原理与技术.北京:中国农业出版社,1995
23 肖培根,杨世林.药用植物种养加工技术(丛书).北京:中国中医药出版社,2001
24 谢宗万.全国中草药汇编.北京:人民卫生出版社,1996
25 徐绍英.农业概论.成都:四川科学技术出版社,1990

26 徐昭玺,徐锦堂,魏建和等.中草药种植技术指南.北京:中国农业出版社,2000
27 杨守仁,郑丕尧.作物栽培学概论.北京:农业出版社,1989
28 杨文钰.农学概论.北京:农业出版社,2002
29 伊文思.作物生理学.北京:农业出版社,1982
30 臧得奎.攀援植物的园林应用.北京:中国林业出版社,2001
31 翟虎渠.农业概论.北京:高等教育出版社,1999
32 张永清,徐凌川.药材种植实用技术.北京:中医古籍出版社,1997
33 张志国.草坪建植与管理.济南:山东科技出版社,1998
34 赵兰勇.花卉繁殖与栽培技术.北京:中国林业出版社,2000
35 赵兰勇.商品花卉生产与经营.北京:中国林业出版社,1999
36 浙江农业大学主编.蔬菜栽培学总论.北京:中国农业出版社,1989
37 郑广华.植物栽培生理.济南:山东科学技术出版社,1980
38 郑康庆.从世界花卉业看农垦花卉发展.中国农垦,1997
39 中国农科院蔬菜研究所主编.蔬菜栽培学.北京:中国农业出版社,1979
40 中国农业百科全书编委会主编.中国农业百科全书蔬菜卷.北京:中国农业出版社,1990
41 中国自然辩证法研究会,农业哲学基础写作组.农业哲学基础.北京:科学出版社,1991
42 左天觉.中外著名专家论中国农业.北京:中国农业大学出版社,1998